

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**Departamento de Psicobiología**



**EFFECTO DE LA EMOCIÓN INDUCIDA POR LA  
MÚSICA SOBRE LA COMPRENSIÓN DE ORACIONES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

**Alejandra Sel de Felipe**

Bajo la dirección de la doctora  
María Pilar Casado Martínez

**Madrid, 2012**

©Alejandra Sel de Felipe, 2012

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE PSICOBIOLOGÍA



**EFFECTO DE LA EMOCIÓN INDUCIDA POR LA  
MÚSICA SOBRE LA COMPRENSIÓN DE  
ORACIONES**

**Alejandra Sel de Felipe**

Tesis doctoral dirigida por:  
**Dra. María Pilar Casado Martínez**

**Madrid, 2012**



*"No permitas que nadie diga que eres incapaz de hacer algo,  
ni si quiera yo. Si tienes un sueño, debes conservarlo.  
Si quieres algo, sal a buscarlo, y punto.  
¿Sabes?, la gente que no logra conseguir sus sueños  
suele decirles a los demás que tampoco  
cumplirán los suyos"*

Will Smith, En busca de la felicidad

A Emilia y Jose



## AGRADECIMIENTOS

Siempre se ha dicho que las cosas pasan por algún motivo. La realización de esta tesis no tiene un motivo, tiene muchos y muy variados. Detrás de cada motivo, hay una persona, hay un esfuerzo, hay un compromiso. A todas y cada una de esas personas que han estado apoyándome durante todos estos años de intenso trabajo, y que de un modo u otro han hecho posible que esta tesis salga a la luz, GRACIAS.

A mi directora de tesis, Pilar Casado, porque durante los casi 5 años de trabajo compartido, siempre ha estado ahí, ofreciendo su cercano apoyo y sus sabios consejos. Nunca se me olvidará aquello de “A Pekín, ¿pa’ que?”, o su conciso “basicali”, que han reconducido tantas y tan acertadas veces mi obsesivo perfeccionismo de hacer las cosas. Elemento clave en muchos momentos, tanto profesionales, como personales. Por todo ello, sólo puedo decir, Gracias Pili.

Tengo mucho mucho que agradecer a mis compañeras/os del ISCIII.

Gracias Sabela por compartir tantas sonrisas y alguna que otra lagrima. Por tu apoyo, tus consejos, y por esas maravillosas conversaciones con las que arreglábamos el mundo a las puertas del Pabellón. En otras palabras, gracias por ser como eres, una estupenda científica, compañera y amiga.

Gracias Laura, por tu autenticidad, tu naturalidad y tu genialidad. Gracias por “recolocarme” cada vez que desviaba un poco del camino, por tu paciencia y por tus inagotables ganas de ayudar a los demás. Sin ti el Lab, no sería el mismo.

Gracias Anabel por tu dulzura, tu meticulosidad, tus ánimos, tu paciencia, y sobre todo por tu toque mágico de calma, tranquilidad y saber estar, en aquellos momentos de histeria cuando parecía que nada funcionaba.

Muchas gracias a las 3 por compartir cada día cafés, comidas y paseos, y por esos estupendos momentos en congresos y viajes a Berlín.

Gracias Paco, por tu pasión y entusiasmo por la ciencia, y tus palabras de ánimo y

respeto que tanto me han motivado a seguir para adelante.

Gracias también a Olga y a Biseth, que aunque su estancia en el laboratorio fue corta, llenaron de motivación y alegría las largas mañanas y tardes de registros.

Por supuesto, gracias a mis compañeros del “Club del Tupperware”, Fran, Alejandro, Marian y Almudena. Por las risas, las historias, y esas pequeñas tertulias cinéfilas en las que tanto he aprendido.

Gracias también a todos aquellos compañeros de Monforte de Lemos 4, Pabellón 14, que con sus conocimientos y saber hacer, me han iluminado en este camino hacia aquello que se conoce como “hacer ciencia”.

Gracias a mis compañeros de Birkbeck, University of London, especialmente a todos y cada uno de los miembros de Merlin Lab.

Gracias Fred por haberme brindado la gran oportunidad de trabajar con vosotros, por tu profesionalidad, por todo lo que he aprendido, por tu apoyo y tu siempre presente feedback positivo.

Gracias Marie, por todas las buenas ideas y ánimos que me has dado, y por todas esas horas de Eprime y Matlab que, con toda la paciencia del mundo, me has dedicado.

Gracias Jacquie por tu apoyo y por la dulzura con la que me has tratado desde el primer momento. Por todos aquellos minutos robados, de consejos, de risas, y de reivindicaciones españolas. Por las charlas en los pasillos entre clase y clase, en esas largas tardes de enseñanza estadística. Por compartir esos buenos momentos en la 4ª planta, y sobre todo, por tu paciencia.

Gracias Idalmis por todo lo que me has ayudado y guiado en este último año. Por poner siempre el hombro cuando me hacía falta, por tu sinceridad y tu determinación. Por enseñarme a luchar y a estar siempre positiva. Por ponerme “on the right track”, y por seguir haciéndolo. Te debo una muy grande.



Gracias Ramiro, Olivia, Nick, Phil, Max, Lahle, Gordon, Marie, Massimiliano, Rebecca, y Caspar, por vuestra compañerismo, comprensión, y entusiasmo hacia la ciencia. Muchas gracias chicos, he aprendido mucho con vosotros.

Como no agradecer a mis amigos. Aquellas que siempre han estado ahí ofreciéndome su apoyo incondicional, sin ni siquiera cuestionar porqué era tan importante para mi obtener unos datos “poco ruidosos”, o porqué me pasaba horas y horas hablando del protolenguaje. Gracias Sven, Marina, Leti, María Mondejar, María Martínez, Laura, Patri y Celia. Sin vosotras Madrid, no hubiera sido lo mismo.

No me puedo olvidar de mis profesores de la Universidad de Málaga, quienes hace ya 10 años me despertaron mi gran curiosidad por el fantástico mundo de la Neurociencia, y a los que debo mucho. Gracias a Carmen Pedraza, Enrique Maldonado, Francisca Vera y Manuel Manzaneque.

Gracias a mi familia, por su apoyo moral y económico. Gracias a mi hermano Jose Emilio por aguantarme todo este año, y por alegrarme esas largas tardes del invierno británico con su autenticidad y su positivismo. Por todas esas palabras que me ha corregido y enseñado. Por ser un elemento clave en mi vida.

Y la más grande de todas las gracias se la doy a mi madre. Porque es la mejor madre del mundo, y porque todo esto no sería posible sin ella. Gracias mami, te lo debo todo.

## ÍNDICE

1.	CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	1
2.	CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN	4
2.1.	Música y lenguaje en el cerebro	4
2.1.1.	Interacción de la música y el lenguaje a nivel semántico	4
2.1.2.	Interacción de la música y el lenguaje a nivel sintáctico	5
2.2.	Efecto de las emociones sobre la cognición	8
2.2.1.	Efectos emocionales sobre la cognición. Modelo cognitivo de la memoria de trabajo	10
2.2.2.	Efecto de las emociones sobre la comprensión del lenguaje	16
2.3.	Música y emociones	19
2.3.1.	Emoción musical, mecanismos subyacentes	19
2.3.2.	Neuroanatomía de la emoción musical	22
2.3.3.	Efecto de la emoción musical sobre otras funciones cognitivas. Música y familiaridad	25
2.4.	Comprensión de oraciones lingüísticas	27
2.4.1.	La capacidad humana del lenguaje	27
2.4.2.	Comprensión de oraciones lingüísticas. Modelos modulares y modelos interactivos	29
2.4.3.	Operaciones semánticas y sintácticas. Modelo declarativo/procedimental de Ullman (2001, 2004)	30
2.4.4.	El papel de la memoria de trabajo en la comprensión de oraciones	32
2.5.	Estudio del lenguaje mediante la técnica de los potenciales evento-relacionados	34

2.5.1.	Origen y registro de la señal electrofisiológica cerebral	34
2.5.2.	En qué consiste la técnica de los potenciales evento-relacionados	36
2.5.3.	Potenciales evento-relacionados. Cuestiones generales	38
2.5.3.1.	Registro de los potenciales evento-relacionados (ERPs)	38
2.5.3.2.	Componentes de los potenciales evento-relacionados	40
2.5.3.3.	Localización de los componentes sobre la corteza cerebral y fuente de actividad eléctrica	41
2.5.4.	Potenciales evento-relacionados para el estudio del lenguaje	42
2.5.4.1.	El estudio de la comprensión de oraciones lingüísticas	43
2.5.4.2.	Componente N400	43
2.5.4.3.	Componente LAN	46
2.5.4.4.	Componente P600/SPS	47
3.	<b>CAPÍTULO 3: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	50
4.	<b>CAPÍTULO 4: ESTUDIO I: Efectos de la emoción musical sobre la comprensión sintáctica de oraciones</b>	52
4.1.	Introducción	52
4.2.	Métodos	54
4.2.1.	Participantes	55
4.2.2.	Estímulos	55
4.2.3.	Procedimiento	60
4.2.4.	Registros electrofisiológicos	62
4.2.5.	Análisis de datos	63
4.3.	Resultados	65
4.3.1.	Datos conductuales	65
4.3.2.	Datos electrofisiológicos	66

4.4.	Discusión	68
5.	CAPÍTULO 5: ESTUDIO II: Efectos de la emoción musical sobre la comprensión semántica de oraciones	74
5.1.	Introducción	74
5.2.	Métodos	76
5.2.1.	Participantes	76
5.2.2.	Estímulos	77
5.2.3.	Procedimiento	79
5.2.4.	Registros electrofisiológicos	80
5.2.5.	Análisis de datos	81
5.3.	Resultados	83
5.3.1.	Datos conductuales	83
5.3.2.	Datos electrofisiológicos	83
5.4.	Discusión	87
6.	CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN GENERAL	90
7.	CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXO	



## **CAPÍTULO 1**

### **PRESENTACIÓN**

La tesis doctoral que a continuación se presenta, empezó siendo una propuesta de investigación gestada en la Sección de Neurociencia Cognitiva del Instituto para la Evolución y Comportamiento Humanos (UCM-ISCIH) allá por la primavera de 2009. Desde entonces, y con el inestimable apoyo y dirección de la Dra. María del Pilar Casado Martínez, lo que en principio parecía ser un estudio exploratorio, ha resultado siendo un satisfactorio proyecto de investigación que será descrito a lo largo de los 11 capítulos de la presente tesis.

La Dra. María del Pilar Casado Martínez, profesora docente del Departamento de Psicobiología de la Universidad Complutense de Madrid e investigadora senior en la Sección de Neurociencia Cognitiva del centro UCM-ISCIH, ha dedicado los últimos doce años ha investigar procesos cognitivos superiores, especialmente los relacionados con la comprensión del lenguaje, mediante el uso de la técnica de los potenciales evento-relacionados y de otras técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional. El éxito del trabajo que la Dra. María del Pilar Casado Martínez está desarrollando a lo largo de su carrera científica se refleja en las más de 20 publicaciones en revistas nacionales e internacionales de prestigio.

Desde hace ya unos años, y ante la creciente evidencia en la literatura de la importancia de las emociones y de su interacción con otras funciones cognitivas, la Dra. María del Pilar Casado Martínez empezó a interesarse por las relaciones entre lenguaje y emociones en cerebro, y en cómo dichas emociones afectarían a la comprensión de oraciones a varios niveles. Así, en colaboración con los demás miembros de la Sección de Neurociencia Cognitiva del centro UCM-ISCIH, se diseñó un más que fructífero proyecto de investigación, con el objetivo de explorar las relaciones entre lenguaje y emociones en el cerebro. Este proyecto ha ido dado paso a un número importante de trabajos, cuyos resultados apuntan

todos en la misma dirección: existen evidencias significativas del efecto de las emociones sobre la comprensión de oraciones lingüísticas.

De forma paralela, empezaron a publicarse un creciente número de estudios centrados en determinar los mecanismos cerebrales implicados en el procesamiento de la música. Por una parte, algunos de estudios señalan que existe un solapamiento entre música y lenguaje en el cerebro, y que ambos dominios parecen compartir recursos y mecanismos cognitivos. Por otra parte, existen trabajos que indican que la música tiene una gran capacidad para producir cambios significativos en el estado emocional, activando estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento de las emociones a varios niveles.

Así, ante este panorama de resultados, surgió la idea de lo que finalmente constituye el principal objetivo del trabajo de investigación que se presenta en esta tesis: averiguar si, y en su caso de qué forma, las emociones inducidas por la música pueden afectar a la comprensión de oraciones lingüísticas, a nivel sintáctico y a nivel semántico, mediante el empleo de la técnica de los potenciales evento-relacionados.

Para llevar a cabo esta misión, primero se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica en la que se han tratado los siguientes puntos. En primer lugar, se realizó una breve descripción de cómo la música, como forma de comunicación, tiene características comunes con el lenguaje, existiendo un solapamiento parcial entre ambos dominios en el cerebro. Seguidamente, se ha hecho un repaso a las hipótesis propuestas para explicar la interacción entre emociones y cognición, destacando el importante papel que cumple la memoria de trabajo en dicha relación. A continuación, se han resumido aquellos trabajos que evidencian el gran poder de la música para generar emociones, describiendo aquellos mecanismos a través de los cuales la música parece modular las emociones.

Además, para una buena interpretación de los resultados de esta investigación, se ha considerado necesario un repaso de aquellas teorías y modelos propuestos para explicar la

comprensión de las oraciones lingüísticas. Con el mismo objetivo, se ha descrito la técnica de los potenciales evento-relacionados, ofreciendo un resumen de aquellos potenciales evento-relacionados índices de procesamiento semántico y sintáctico. Estos potenciales evento-relacionados serán las medidas mediante las que observaremos los efectos de la emoción musical sobre el lenguaje.

A continuación, se han definido los objetivos concretos de la investigación, y tras éstos, se describen los dos trabajos experimentales realizados para la comprobación de las hipótesis experimentales que en dichos trabajos se proponen, seguidos de una amplia discusión general, donde se destaca la importancia de las emociones en el estudio e interpretación de los procesos cognitivos superiores, así como las implicaciones de los resultados obtenidos sobre la naturaleza y el procesamiento del lenguaje en el cerebro. Por último, se han resumido las conclusiones más relevantes derivadas de la presente tesis.



## **CAPÍTULO 2**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **2.1 Música y lenguaje en el cerebro**

La música y el lenguaje son dos formas de comunicación humanas, con un origen común en la evolución de la especie y que comparten ciertas características. Ambos son estímulos auditivos, con un patrón fonológico determinado, ordenados en una estructura sintáctica concreta y que suelen tener un significado semántico específico. Haciendo un repaso a la literatura existente en el campo, podemos observar un cada vez más creciente número de trabajos que demuestran cómo la música y el lenguaje comparten ciertas áreas cerebrales, existiendo un solapamiento estructural y funcional entre ambos dominios (p.o. Koelsch y Siebel, 2005; Patel, 2008).

##### **2.1.1 Interacción de la música y el lenguaje a nivel semántico**

Diversos estudios han demostrado no sólo que la música es capaz de transmitir un mensaje a nivel semántico, sino que además, música y lenguaje comparten ciertos mecanismos cerebrales subyacentes al procesamiento semántico, y que el significado de la música está representado en el cerebro de manera análoga a como se representa el significado del lenguaje (Steinbeis y Koelsch, 2008a; Koelsch, Kasper, Sammler, Schulze, Gunter, y Friederici, 2004).

Existen datos que señalan que la música y el lenguaje comparten mecanismos cerebrales de procesamiento de la información semántica. Así, parece que la comprensión de palabras se ve afectada de la misma manera cuando estas palabras van precedidas de oraciones, que cuando van precedidas de fragmentos musicales con significado (Koelsch, Kasper, Sammler, Schulze, Gunter, y cols., 2004). En concreto, cuando se presentan de forma previa tanto oraciones como fragmentos musicales semánticamente no relacionados con la

palabra subsiguiente, se observa un incremento de amplitud en la respuesta cerebral o componente N400 (Koelsch y cols, 2004), índice de procesos de comprensión semántica en el dominio del lenguaje (Kutas y Besson, 1999). Resultados muy similares se observan cuando el contenido semántico es de carácter emocional (Steinbeis y Koelsch, 2008a). Por otra parte, cuando se presentan oraciones lingüísticas con incorrecciones semánticas de forma simultánea a fragmentos musicales con cambios en su estructura se observa un efecto del lenguaje sobre la música, pero no se observan cambios en el componente lingüístico N400 (Steinbeis y Koelsch, 2008b; Hoch, Poulin-Charronnat, y Tillmann, 2011). Por lo tanto, parece que aunque exista cierto grado de solapamiento entre música y lenguaje en el cerebro, este solapamiento no es total, existiendo ciertas diferencias a nivel de procesamiento semántico de la información que son necesarias considerar.

Además, parece que existe un solapamiento parcial entre la representación la información semántica lingüística y musical a nivel estructural (Steinbeis y Koelsch, 2008a). Ambos tipos de información semántica activan regiones del giro temporal, pero mientras se produce una mayor activación del giro temporal medial derecho ante información lingüística, se observa una mayor activación en el área derecha posterior del giro temporal superior ante información musical.

Por lo tanto, los datos existentes en la literatura parecen indicar que existe una interacción entre música y lenguaje a nivel semántico. Así, música y lenguaje parecen emplear mecanismos muy similares de comprensión de la información semántica y comparten los recursos cognitivos dedicados a estos procesos. Sin embargo, este solapamiento no es tan evidente a nivel de representación de la información en el cerebro, ya que ambos dominios parecen activar diferentes áreas del giro temporal

### **2.1.2 Interacción de la música y el lenguaje a nivel sintáctico**

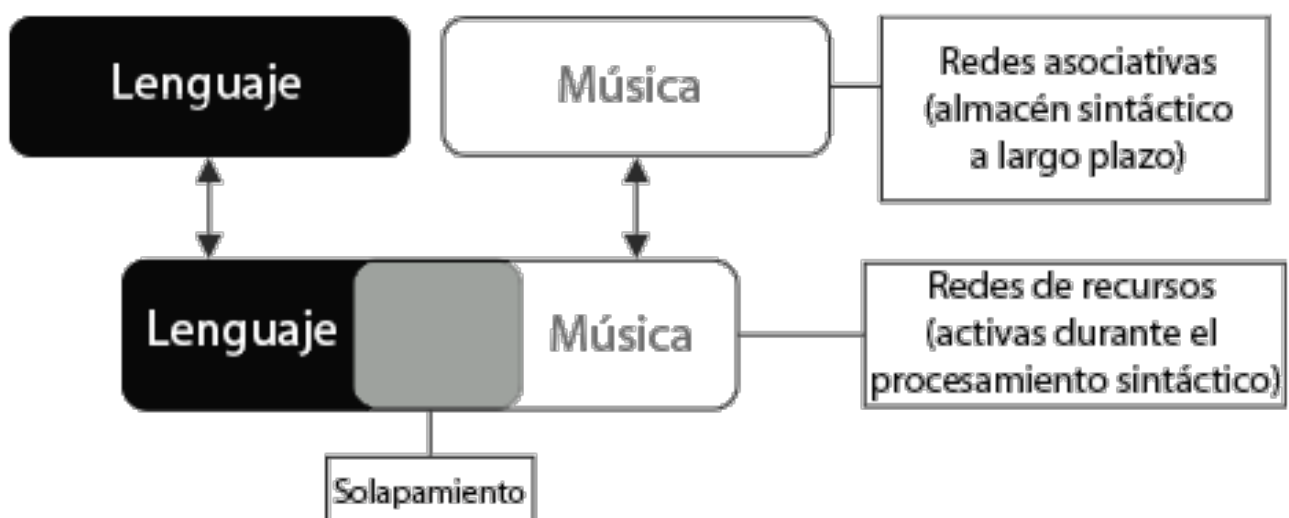
La mayor parte de los trabajos dedicados al estudio de la interacción entre música y lenguaje se han centrado principalmente en el nivel sintáctico. La música, al igual que el lenguaje, se compone de elementos organizados siguiendo unas reglas, que son adquiridas en un proceso de aprendizaje, siendo modulado a su vez por el contexto (Meyer, 1956; Steinbeis y Koelsch, 2008b). De forma similar a lo propuesto para el nivel semántico, parece existir un solapamiento funcional entre el dominio de la música y el dominio del lenguaje, encontrándose no obstante, algunas diferencias en las áreas cerebrales donde se almacena esta información (Steinbeis y Koelsch, 2008b; Patel, 2008; Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer, y Gibson, 2009).

Por una parte, diferentes estudios han sugerido que la música y el lenguaje comparten mecanismos cerebrales de procesamiento de información sintáctica, así como recursos cognitivos. En concreto, los datos demuestran que cuando se presentan de forma simultánea fragmentos musicales con cambios en su estructura y oraciones con incorrecciones sintácticas se produce una modulación tanto a nivel conductual (Hoch, Poulin-Charronnat, y Tillmann, 2011), como a nivel de respuesta cerebral tanto en el lenguaje como en la música. Por una parte, se observa una reducción de amplitud en el componente LAN (negatividad anterior izquierda, del inglés Left Anterior Negativity), índice de incorrecciones sintácticas en el lenguaje (Friederici, Hahne, y Mecklinger, 1996), y por otra, existe una reducción del componente ERAN (negatividad anterior derecha temprana, del inglés early right anterior negativity), índice de incorrecciones sintácticas en la música (Steinbeis y Koelsch, 2008b). Los autores de este trabajo defienden que la modulación de la amplitud de ambos componentes, LAN y ERAN, estaría indicando la existencia de un conjunto limitado de recursos cognitivos que son compartidos por la música y el lenguaje para el procesamiento de la información sintáctica. Estos resultados están apoyados por otros trabajos que demuestran

la existencia de un solapamiento fisiológico entre los generadores de los componentes LAN y ERAN (Sammler, Koelsch, Ball, Brandt, Elger, Friederici, y cols., 2009).

Se ha propuesto un modelo para explicar de qué forma música y lenguaje interactúan en el cerebro a nivel sintáctico. La denominada “Hipótesis de la integración de los recursos sintácticos compartidos” (del inglés: “Shared syntactic integration resource hypothesis” o SSIRH) (Figura 1) (Patel, 2008; Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer, y Gibson, 2009) explica que música y lenguaje comparten los mismos mecanismos y recursos a nivel de memoria de trabajo (MacDonald y Christiansen, 2002), existiendo un solapamiento funcional entre ellos. Sin embargo, y de forma similar a lo propuesto para el nivel semántico, la información sintáctica musical y la información sintáctica lingüística parecen estar almacenadas en regiones cerebrales diferentes del área de Broca (Patel, 2008).

Por tanto, se puede afirmar que la música tiene una estructura sintáctica, que parece ser procesada mediante mecanismos muy similares a los empleados para la comprensión sintáctica del lenguaje. No obstante, la interacción entre los dos dominios no resulta tan clara a nivel estructural, ya que la información sintáctica musical parece ser almacenada en regiones diferentes a la información sintáctica del lenguaje.



**Figura 1:** Esquema de la relación funcional entre música y lenguaje a nivel sintáctico según SSIRH (adaptado de Patel, 2008)

## 2.2 Efecto de las emociones sobre la cognición

Uno de los principales aspectos a considerar en el estudio de las emociones es su enorme complejidad. Por tanto, como se observa en la literatura, se hace necesario establecer una clasificación sistemática y controlada de los estímulos emocionales que se emplean en los distintos estudios. Así, de entre las clasificaciones más popularmente empleadas en la Neurociencia de la Emoción, encontramos aquella que organiza los estímulos a lo largo de tres dimensiones o constructos emocionales: la dimensión de valencia, la dimensión de activación o “arousal” emocional y la dimensión de intensidad o dominancia (p.o. Bradley y Lang, 1994). La dimensión de valencia, hace referencia un continuo que varía desde el extremo positivo o apetitivo, hasta el extremo negativo o aversivo. El constructo de activación varía desde el extremo de activación, hasta el extremo de calma. En cuanto a la tercera dimensión, intensidad o dominancia, viene definida por los extremos de fuerte/control/dominante y débil/controlado/sumiso. Añadir que, esta última dimensión de intensidad o dominancia parece tener menos consistencia entre los trabajos encontrados en la literatura que las otras dos dimensiones de valencia y activación. Por esta razón, muchos de los estudios publicados han considerado únicamente las dimensiones de valencia y activación para clasificar el material emocional empleado. En esta línea, en el trabajo de investigación que se presenta en esta tesis, se consideraron las dimensiones de valencia y activación para la selección y clasificación de los estímulos musicales empleados.

Otra de las cuestiones de suma importancia en el estudio de las emociones es la distinción entre lo que se conoce como “estado afectivo” o “estado emocional”, y la denominada “respuesta emocional”. Ambos constituyen dos tipos de respuestas que difieren en una serie de aspectos. En primer lugar, la duración de la respuesta emocional suele ser corta (de algunos segundos), en comparación con la duración del estado afectivo, que suele ser de minutos u horas (Lazarus, 1994). La respuesta emocional tiende a ser de mayor

intensidad que el estado afectivo (Clore, 1994), y generalmente, va acompañada de una expresión facial evidente, así como de cambios significativos en el Sistema Nervioso Autónomo (Alpert y Rose, 1990). Por otra parte, la respuesta emocional es de carácter más definido, ya que se genera ante un estímulo concreto. Sin embargo, no siempre se puede determinar el origen o la causa del estado afectivo (Ekman, 1999).

En función a esta distinción entre respuesta emocional y estado afectivo o emocional, los trabajos pueden ser organizados en dos grandes grupos: aquellos en los que la emoción está contenida en la tarea principal (p.o. tarea de decisión de género en caras con diferentes expresiones faciales), y aquellos en los que se estudian los efectos de un estado emocional inducido sobre la tarea principal (p.o. efecto de expresiones emocionales sobre la atención visual de objetos (Martín-Loeches, Sel, Casado, Jiménez, y Castellanos, 2009)). En este apartado, así como a lo largo de la presente tesis, nos centraremos principalmente en el segundo grupo de trabajos; en concreto, en el efecto del estado de ánimo inducido sobre la cognición, y en especial sobre la comprensión del lenguaje, en individuos con ausencia de trastornos del estado de ánimo. Indicar además que, por simplicidad, utilizaremos los términos emoción, estado emocional o estado afectivo indistintamente, haciendo referencia al mismo concepto: estado emocional inducido por un estímulo determinado, de mayor duración y menor intensidad (en contraposición a la respuesta emocional).

Existen múltiples y variadas formas de estudiar el efecto de las emociones sobre las funciones cognitivas, como por ejemplo comparar los resultados en una tarea entre población con algún trastorno del estado de ánimo y población control, o el administrar la misma tarea bajo condiciones climáticas diferentes (Gerrards-Hesse, Spies, y Hesse, 1994; Hettner y Ballif, 1984; Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, y van IJzendoorn 2007; Parrott y Sabini, 1990). En general, el procedimiento más empleado en investigación básica es aquel en el que se induce de forma explícita y controlada un estado de ánimo en los

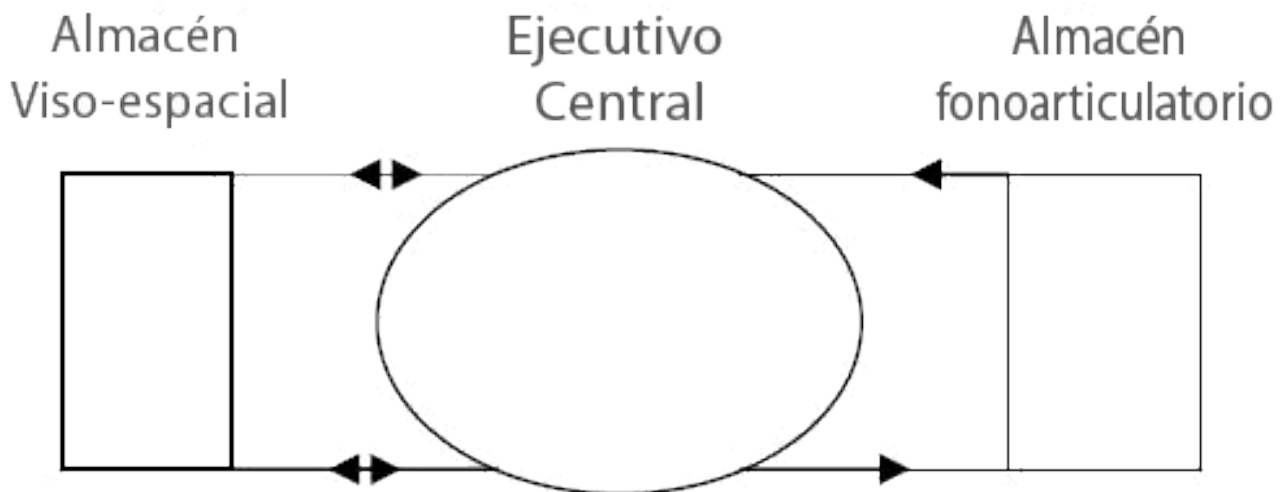
participantes, observando su efecto sobre una tarea cognitiva. Así, el estado emocional sería la variable independiente, asumiendo que todos los participantes parten de una misma línea base, la cual se modifica generando una emoción de forma similar en todos los participantes. Estas técnicas parecen ser igual de eficaces tanto para generar emociones positivas como negativas (Nummenmaa y Niemi, 2004), existiendo diversos procedimientos para ello. Entre los más destacados se encuentran aquellos en los que se presenta un material con contenido emocional, como historias, películas o música, para inducir la emoción (Gross y Levenson, 1995; Vissers y cols., 2010).

### **2.2.1 Emoción y cognición. Modelo cognitivo de la memoria de trabajo**

Existe un gran número de trabajos que han estudiado el efecto de la emoción inducida sobre los procesos cognitivos superiores, obteniendo resultados muy heterogéneos. Las principales diferencias encontradas en estos trabajos se deben a una serie de aspectos como el tipo de tarea cognitiva estudiada (atención, razonamiento lógico, lenguaje,...), la valencia emocional o el nivel de activación emocional inducido, o el procedimiento empleado para generar el estado de ánimo (tipo de material experimental o momento en el que se induce la emoción en relación a la tarea principal) (Mitchell y Phillips, 2007; Blanchette y Richards, 2010).

En general, y de forma independiente a las interpretaciones que ofrecen los diferentes estudios, existe un consenso acerca del papel crucial que cumple la memoria de trabajo (p.o. Baddeley, 1986) a la hora de entender e interpretar los efectos emocionales observados sobre los procesos cognitivos. La memoria de trabajo es un sistema que forma parte del sistema de memoria humano, tiene una capacidad limitada de recursos, y está formado por tres elementos principales (p.o. Baddeley, 1986; Engle, Cantor, y Carullo, 1992; Just y Carpenter, 1992; Baddeley, 1996; Baddeley, Grant, Wight, y Thomson, 1973) (Figura 2). El sistema ejecutivo central, componente principal de modalidad no específica que controla a los otros

dos sistemas subordinados: el sistema o almacén viso-espacial, donde se maneja la información visual, y el almacén fonoarticulatorio, donde se maneja la información lingüística. El sistema ejecutivo central nos permite seleccionar determinada información, cambiar el foco de atención, y/o recuperar la información almacenada en la memoria a largo plazo, y combinarla con la información entrante para elaborar una respuesta. El control de estas habilidades permite la realización de diversas funciones cognitivas complejas como la percepción, la atención, o la comprensión del lenguaje (Baddeley, 1986; Baddeley, 1996; Just y Carpenter, 1992).



**Figura 2:** Representación gráfica del primer modelo de Memoria de Trabajo propuesto por Baddeley (1974). En él se pueden observar los tres componentes principales: ejecutivo central, almacén viso-espacial y almacén fonoarticulatorio.

A continuación, se describen las principales propuestas que tratan de explicar los efectos de la emoción sobre la cognición mediados por el sistema ejecutivo central, y en concreto, por la capacidad de control y manejo de recursos atencionales por parte de éste. En términos generales, estos estudios se pueden clasificar en tres grandes grupos, en función de los resultados obtenidos.

Por una parte, existe un gran número de estudios que demuestran como los estímulos emocionales, tanto positivos como negativos, con un elevado grado de activación y de carácter altamente motivante, aumentan el rendimiento en diferentes tareas cognitivas,



existiendo un efecto general positivo de la emoción sobre la cognición (Derakshan y Eysenck, 2010; Gable y Harmon-Jones, 2010). Así, se considera que la emoción inducida sería una evidencia de que la situación es relevante, y como consecuencia, de que la tarea que se está realizando es importante. Esto motivaría a los individuos a movilizar recursos cognitivos y atencionales hacia la siguiente información con la que se encuentren (Blanchette y Richards, 2010). De esta forma, se reduciría el foco atencional, orientando la atención y los recursos cognitivos sobre la tarea principal (p.o. Derakshan y Eysenck, 2010). Estas interpretaciones se han dado principalmente para tareas de razonamiento lógico (Blanchette y Richards, 2010), aunque cada vez es mayor el número trabajos que considera esta perspectiva para dar explicación a sus resultados, quedando abierto un gran debate con muchas cuestiones aún por resolver.

En segundo lugar, diversos estudios han demostrado que tareas cognitivas complejas con alta demanda de recursos, como por ejemplo, la interpretación, la evaluación, la toma de decisiones o el razonamiento lógico, se ven interferidas significativamente por la inducción de estados de ánimo o estados emocionales. Desde esta perspectiva, la emoción inducida tendría un efecto general negativo sobre las tareas cognitivas (Mitchell y Phillips, 2007; Blanchette y Richards, 2010).

En estos trabajos, la atención y la memoria de trabajo se definen como dos vías a través de las cuales las emociones ejercen su influencia, interpretando los resultados en base a la capacidad limitada de recursos cognitivos. En concreto, las denominadas teorías de la capacidad proponen que las emociones consumen recursos atencionales y de memoria de trabajo, ya que activan amplias redes asociativas donde se almacena información concreta asociada con dicha emoción. Este proceso conlleva una serie de mecanismos de recuperación y de control cognitivo que consumirían recursos (Mackie y Worth, 1989; Seibert y Ellis, 1991; Mitchell y Phillips, 2007; Blanchette y Richards, 2010). Como consecuencia, los

individuos emplearían parte de los recursos atencionales y de memoria de trabajo para procesar esta información emocional, lo cual limitaría la cantidad de recursos disponibles para la tarea principal, disminuyendo así el rendimiento en dicha tarea principal. Por tanto, desde esta perspectiva las emociones tendrían un efecto general negativo en aquellas tareas complejas con una alta demanda de recursos, como el razonamiento lógico y deductivo, el juicio de valores o la predicción de eventos futuros (Copeland y Radvansky, 2004; Mitchell y Phillips, 2007).

Por otra parte, aunque los resultados son ciertamente heterogéneos, existen evidencias suficientes para afirmar que estos efectos se producen tanto ante emociones positivas como negativas. Por ejemplo, se ha demostrado que, cuando se induce un estado de ánimo negativo, tanto en población no clínica, como en pacientes con trastorno de ansiedad, se reduce el rendimiento en tareas en las que se debe integrar información procedente de varias fuentes (p.o. Derakshan y Eysenck, 1998). Por otra parte, también se ha demostrado que las emociones positivas deterioran significativamente el rendimiento en tareas de dificultad elevada, no existiendo resultados concluyentes en cuanto a emociones negativas en las mismas tareas (Oaksford, Morris, Grainger, y Williams, 1996). Por tanto, aunque existen evidencias de un efecto general de las emociones positivas y negativas sobre la cognición, es necesario seguir investigando en esta línea en busca de resultados más consistentes.

En tercer lugar, existen trabajos que defienden que las emociones positivas y las emociones negativas tienen efectos diferentes sobre la cognición, en función del tipo de operaciones cognitivas que se realicen. Este efecto se ha denominado “estilo de procesamiento dependiente de la emoción”, en el que las emociones negativas y las positivas activan diferentes estrategias cognitivas, o lo que es lo mismo, activan diferentes formas de utilizar los recursos en la memoria de trabajo (p.o. Blanchette y Richards, 2010; Vissers y cols, 2010). Así, se propone que los estados emocionales positivos fomentan el uso de estilos

de procesamiento heurísticos (p.o. Bless, Bohner, Schwarz, y Strack, 1990; Bohner, Chaiken, y Hunyadi, 1994; Park y Banaji, 2000), mientras que las emociones negativas promueven el uso de estilos de procesamiento algorítmicos (p.o. Park y Banaji, 2000).

El estilo de procesamiento heurístico se puede definir como un método no riguroso, caracterizado por el uso de “atajos” para llegar a la solución del problema (p.o. Bohner y cols., 1994; Schwarz, 1990). Desde el punto de vista evolutivo, se propone que las emociones positivas fomentan este tipo de estrategias porque hacen que el individuo perciba la situación como poco amenazante, y por lo tanto, no considere que exista una necesidad importante de cambiar la situación. Como consecuencia, la tendencia a evaluar rigurosamente el ambiente se reduce o desaparece. Así, el estilo de procesamiento heurístico se define como flexible y holístico, y con tendencia a evaluar la situación desde distintas perspectivas (Ashby, Isen, y Turken, 1999). Este hecho implica que la información entrante se procesa de forma más global, utilizándose estereotipos y esquemas predefinidos de nuestro conocimiento del mundo para interpretar dicha información entrante. De esta forma, sólo sería necesaria una parte de la información entrante para el procesamiento de la misma (p.o. Gasper y Clore, 2002). Por tanto, el procesamiento heurístico permite dar respuestas más rápidas, aunque menos precisas, teniendo una menor demanda de recursos cognitivos (Gigerenzer y Goldstein, 1996).

En contraposición, el estilo de procesamiento algorítmico está destinado a solucionar un problema del ambiente, existiendo una fuerte tendencia al cambio que es fomentada por una situación o un estímulo negativo. En estas situaciones, es necesario llevar a cabo un análisis riguroso del ambiente que rodea al individuo para encontrar la mejor solución de cambio (p.o. Park y Banaji, 2000). Por tanto, el estilo de procesamiento algorítmico inducido por las emociones negativas se caracteriza por ser analítico, local y específico, prestando rigurosa atención a los detalles de la información entrante. Este procesamiento se basa en

reglas bien definidas, realizándose de forma meticulosa. Además, es de carácter más encapsulado, es decir, al ser más estructurado, existe una menor tendencia a ser afectado por fuentes de información externas (Martín-Loeches, Schacht, Casado, Hohlfeld, Rahman, y Sommer, 2008). Este tipo de procesamiento permite dar respuestas más precisas, aunque en un periodo mayor de tiempo y con una mayor demanda de recursos cognitivos.

Por lo tanto, desde esta perspectiva los efectos de las emociones positivas o negativas sobre la tarea cognitiva principal serán beneficiosos o no, dependiendo del tipo de tarea que se esté realizando. Si dicha tarea requiere el uso de estrategias heurísticas, las emociones positivas tendrán un efecto beneficioso sobre el rendimiento de dicha tarea. Si la tarea se caracteriza por el uso de estrategias algorítmicas, los estados emocionales negativos facilitarán dicha tarea, y viceversa.

Por ejemplo, los estudios en el campo de la persuasión han demostrado que los estados de ánimo positivos son óptimos para modificar la opinión de las personas, ya que éstas son más flexibles al cambio y menos analíticas (p.o. Schwarz y Clore, 2007). Además, cuando se inducen emociones positivas se obtienen mejores resultados en tareas de recuerdo libre. Esto es debido a que parece existir una mayor tendencia a emplear conocimientos previos y esquemas predefinidos del mundo, que nos permiten completar los detalles sin necesidad de recuperar toda la información almacenada en la memoria a largo plazo (Bless, Schwarz, y Wieland, 1996). Sin embargo, otros autores defienden que la mayoría de las funciones ejecutivas o de memoria de trabajo requieren, por sus características, un estilo de procesamiento algorítmico. De acuerdo con esta idea, las emociones negativas facilitarían la realización de la mayor parte de las funciones ejecutivas, mientras que las emociones positivas disminuirían su rendimiento. En este sentido, los estudios indican que las emociones positivas disminuyen el rendimiento en tareas como la planificación de acciones, tareas de recuperación de información concreta, tareas que demandan un cambio en el foco

de atención, y en general, en todas aquellas tareas que requieren un procesamiento analítico (Mitchell y Phillips, 2007).

De forma paralela, encontramos otros autores que defienden que las emociones positivas tienen efectos facilitadores sobre tareas cognitivas complejas en la mayoría de las situaciones. Éstos proponen que las emociones positivas fomentan la tendencia a la solución del problema mediante varios mecanismos (Ashby, Isen y Turken, 1999). En concreto, los autores defienden que las emociones positivas promueven la tendencia a examinar la situación desde diferentes perspectivas, elaborando diferentes planes de acción para ejecutar la tarea (Fredrickson y Branigan, 2005). El estado de ánimo positivo, generaría la activación de un amplio conjunto de recuerdos y pensamientos de carácter positivo, promoviendo la flexibilidad y la innovación en la resolución de problemas. Así, se ha demostrado que las emociones positivas tienen efectos beneficiosos en tareas de fluencia verbal (Ashby, Isen y Turken, 1999), o en tareas creativas y de solución de problemas, especialmente cuando la información es novedosa para el participante (Phillips, Smith y Gilhooly, 2002; Mitchell y Phillips, 2007). Sin embargo, estas teorías no predicen los posibles efectos del estado de ánimo negativo, dando una explicación parcial del efecto de las emociones sobre la cognición. Además, no se pueden aplicar a todas las situaciones, ya que argumentan que los efectos facilitadores de las emociones positivas pueden no aparecer cuando la tarea es aburrida o displacentera (Ashby, Isen y Turken, 1999).

Por lo tanto, se puede afirmar que, aunque los datos encontrados hasta la fecha son ciertamente heterogéneos, parece que en general, las emociones positivas fomentan el estilo de procesamiento heurístico, y las emociones negativas, el estilo de procesamiento algorítmico, de forma que los efectos de las emociones sobre el rendimiento en una tarea dependerían de las características concretas de la misma.

### **2.2.2 Efecto de las emociones sobre la comprensión del lenguaje**

En los últimos años, se han realizado una serie de estudios con el objetivo de investigar los efectos del estado de ánimo inducido sobre el procesamiento del lenguaje. En este reducido número de trabajo, el estado emocional se induce generalmente de forma previa a la tarea lingüística, mediante por ejemplo el paradigma de priming emocional. Los resultados de estos trabajos son ciertamente heterogéneos, existiendo diferencias importantes en la metodología empleada. A continuación, se resumen los trabajos más relevantes encontrados hasta el momento.

Federmeier y colaboradores (Federmeier y cols., 2001) realizaron un estudio con el objetivo de averiguar si la inducción previa de un estado emocional concreto tenía algún tipo de efecto sobre la comprensión del lenguaje a nivel semántico. Para la consecución de este objetivo, estos autores emplearon una serie de imágenes de valencia neutra o positiva seleccionadas del Sistema Internacional de Imágenes afectivas (del inglés, International Affective Picture System (Lang, Bradley y Cuthbert, 1995)). Dichas imágenes eran presentadas de forma previa a oraciones en las que la última palabra podía ser congruente o incongruente con el contexto semántico de la oración. Los resultados de este trabajo señalan que el estado de ánimo positivo reduce la amplitud del componente N400, índice de comprensión de información lingüística a nivel semántico, lo cual fue interpretado por los autores como una facilitación de la comprensión de la oración.

En un estudio reciente, se ha demostrado que el componente N400 no sólo es sensible a cambios en el estado de ánimo inducidos de forma previa a la tarea, y no solo a emociones positivas, sino que en oraciones con contenido emocional, el contexto positivo o negativo que se construye a medida que se procesa la oración, también influye en la comprensión semántica. Así, Moreno y Vázquez (2011) presentaron oraciones con contenido emocional en las que el último elemento de la oración podría ser una palabra altamente esperada y emocionalmente congruente, una palabra menos esperada y emocionalmente incongruente, y

una palabra poco esperada o sin sentido. Los resultados de este estudio demuestran que, la amplitud del componente N400 no sólo se ve incrementada cuando la palabra es poco esperada, sino que las palabras emocionalmente incongruentes con el contexto previo de la oración, parecen también inducir un incremento en la amplitud de dicho componente. Este efecto se observa de igual manera tanto cuando el contexto emocional de la oración es positivo, como cuando es negativo.

En otro trabajo, Vissers y colaboradores (Vissers y cols., 2010) estudiaron si el estado de ánimo modulado previamente mediante priming emocional producía algún efecto sobre la comprensión de oraciones a nivel sintáctico. Para ello, emplearon una serie de películas de corta duración, seleccionadas por su valencia positiva, negativa o neutra, con el objetivo de generar un estado de ánimo concreto y observar si dicha modulación del estado de ánimo afectaba la comprensión sintáctica de oraciones. Los datos de este estudio parecen demostrar un efecto de priming emocional reflejado por un aumento en la amplitud del componente P600, índice de comprensión sintáctico del lenguaje en etapas tardías de procesamiento, tras la presentación de películas con valencia positiva, así como por una reducción del mismo componente, tras las películas de valencia negativa.

En tercer lugar, Jiménez-Ortega y colaboradores (Jiménez-Ortega, Martín-Loeches, Casado, Sel, Fondevila, y cols., bajo revisión) han llevado a cabo un estudio reciente en el que investigaban los efectos del estado de ánimo inducido mediante priming emocional sobre la comprensión de oraciones, tanto a nivel semántico como a nivel sintáctico. Estos autores emplearon una serie de párrafos con contenido emocional positivo o negativo, o párrafos neutros, que eran presentados de forma previa a oraciones neutras, con incorrecciones de tipo semántico o sintáctico, que debían ser detectadas por los participantes del estudio. Los resultados de este trabajo demostraron que, tanto los párrafos positivos como los negativos, afectaron al procesamiento sintáctico en las primeras etapas, como así se refleja en la

aparente modulación del componente LAN, índice de comprensión sintáctica. Los resultados conductuales de este trabajo parecen apoyar estos datos, así como la eficacia del material emocional empleado para modular el estado de ánimo y producir efectos observables sobre la comprensión de oraciones.

Por tanto, tomando en conjunto los hallazgos de estos trabajos, se puede afirmar que el estado de ánimo inducido mediante material con contenido emocional parece interactuar con la comprensión del lenguaje, tanto a nivel semántico como a nivel sintáctico. Sin embargo, a la vista de los escasos trabajos y de la heterogeneidad de resultados, surge la necesidad de seguir investigando en esta línea con el objetivo de arrojar luz sobre los procesos implicados en la interacción entre emociones y lenguaje en el cerebro.

## **2.3 Música y emociones**

### **2.3.1 Emoción musical, mecanismos subyacentes**

Cada vez son más los estudios que defienden el gran poder de la música para modular las emociones (e.g. Västfjäll, 2002). Se ha demostrado que la música es capaz de inducir una gran variedad de emociones de elevada intensidad, con una alta validez ecológica, que además resultarían difíciles de generar mediante otro tipo de materiales (Koelsch, 2010). Este efecto de la música sobre las emociones ha sido estudiado desde distintas perspectivas, dando evidencias del importante papel que cumple la música en la vida diaria.

Desde la psicología social, se defiende que la música es capaz de inducir emociones de forma muy eficaz porque cumple siete funciones sociales importantes, las denominadas “7 Cs”: **c**ontacto, **c**ognición social, **e**mpatía social (en inglés, “co-empathy”), **c**omunicación, **c**oordinación de movimientos, **c**ooperación y **c**ohesión (Koelsch, 2010; Steinbeis y Koelsch, 2009; Alcorta, Sosis, y Finkel, 2008; Fitch, 2006; Trehub, 2003; Overy y Molnar-Szakacs, 2009; Tomasello y cols, 2005; Cross y Morley, 2008).

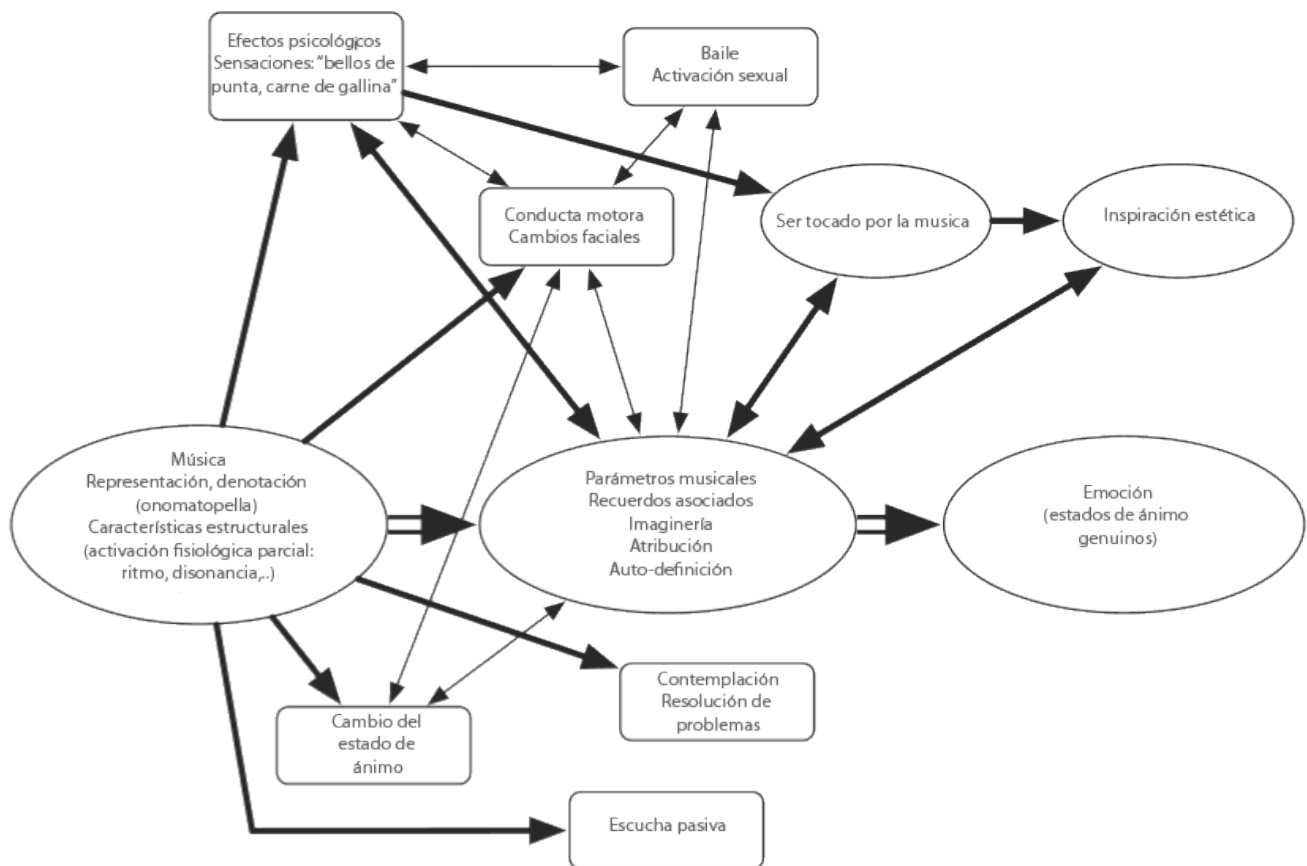


Por otra parte, desde la psicología cognitiva se sugieren seis mecanismos psicológicos a través de los cuales la música puede inducir emociones (Juslin y Västfjäll, 2008). El primer mecanismo se basa en el concepto emocional de “arousal” o activación, y explica que la percepción de un cambio físico en la información entrante, provocado por la presentación del estímulo musical, genera una respuesta atencional en el individuo que percibe la situación como relevante y/o novedosa. Esta respuesta atencional ante el estímulo musical generaría en el individuo una activación emocional de valencia indefinida.

El segundo mecanismo está relacionado con cómo las respuestas pueden modularse en función de las expectativas previas del individuo con respecto al estímulo. De manera general, se puede afirmar que los elementos simples del ambiente se ordenan en estructuras más complejas, y que el orden de estos elementos depende de una serie de reglas que se han ido adquiriendo en el proceso normal de aprendizaje durante el desarrollo, y que están influidas por las características culturales. Si el orden estructural de la información entrante no coincide con las expectativas previas del individuo, esta situación suele provocar un estado de tensión negativo o desagradable en dicho individuo. Por lo tanto, cuando se presenta música disonante, música con cambios o incorrecciones en su estructura, la percepción de esta música suele ser negativa, en contraposición a como se suele percibir la música consonante, cuya estructura coincide con las expectativas previas del individuo. El grado de placer o agradabilidad variará en función del grado de disonancia, en relación con la cultura del individuo (p.o. Sammler, Grigutsch, Fritz, y Koelsch., 2007; Khalfa, Guye, Peretz, Chapon, Girard, y cols, 2008).

El tercero de los mecanismos es el denominado contagio emocional (Juslin y Västfjäll, 2008). Mediante éste los individuos perciben la emoción a través de las características físicas o sensoriales de la música, como el volumen, el modo, el tiempo, la armonía,... El tiempo, número de pulsos por minuto, y el modo, distribución de los tonos en

una escala, son los que determinan principalmente el carácter emocional (p.o. Khalfa, Schön, Anton, y Liégeois-Chauvel, 2005). Así, considerando la dimensión de valencia emocional, el tiempo rápido y el modo mayor inducirían emociones positivas. De lo contrario, el tiempo lento y el modo menor generarían emociones negativas (Gagnon y Peretz, 2003). Además de estos dos factores, se han propuesto otros parámetros musicales que influyen en menor medida en la respuesta emocional. Por ejemplo, el volumen, el timbre, el tono, la melodía, la armonía o la complejidad estructural. En la tabla 1 se puede observar una serie de estudios que sugieren qué parámetros concretos (o la combinación de ellos) parecen inducir determinadas emociones.



**Figura 3:** Representación esquemática de los procesos implicados en la inducción de la emoción musical (Adaptado de Juslin y Västfjäll, 2008).

El cuarto mecanismo psicológico a través del cual la música modula el estado de ánimo hace referencia al condicionamiento emocional. En concreto, un fragmento musical

que en un principio es de carácter neutro o poco significativo para el individuo, queda asociado con un estímulo emocional, que es de carácter contingente y simultáneo en el tiempo, mediante una experiencia o vivencia concreta. Así, cuando el individuo perciba de nuevo el fragmento musical en un momento temporal posterior, se generará un estado de ánimo muy similar al estado de ánimo que provocó el estímulo emocional, pero en ausencia de éste (Field y Moore, 2005; Hammerl y Fulcher, 2005).

El quinto mecanismo está relacionado con la memoria episódica. La emoción se genera debido a que en concreto, el fragmento musical que se presenta, induciría el recuerdo de un evento particular en la vida del individuo al que va asociado una emoción, generándose dicha emoción cuando se recupera el recuerdo (p.o. Gabrielsson, 2001).

El sexto mecanismo se denomina imaginería visual. Mediante éste, la emoción se produce a través de la activación de una imagen concreta. Así, la experiencia emocional sería producto de una combinación entre la percepción de las características sensoriales de la música (tercer mecanismo) y la imagen que se genera ante la música. Aunque tradicionalmente este mecanismo ha sido poco empleado debido a su falta de validez empírica, recientes estudios de neuroimagen funcional han demostrado que se produce una activación de varias de las áreas encargadas del procesamiento de imágenes visuales antes estímulos musicales (Farah, 2000; Ganis, Thomson, Mast, y Kosslyn, 2004).

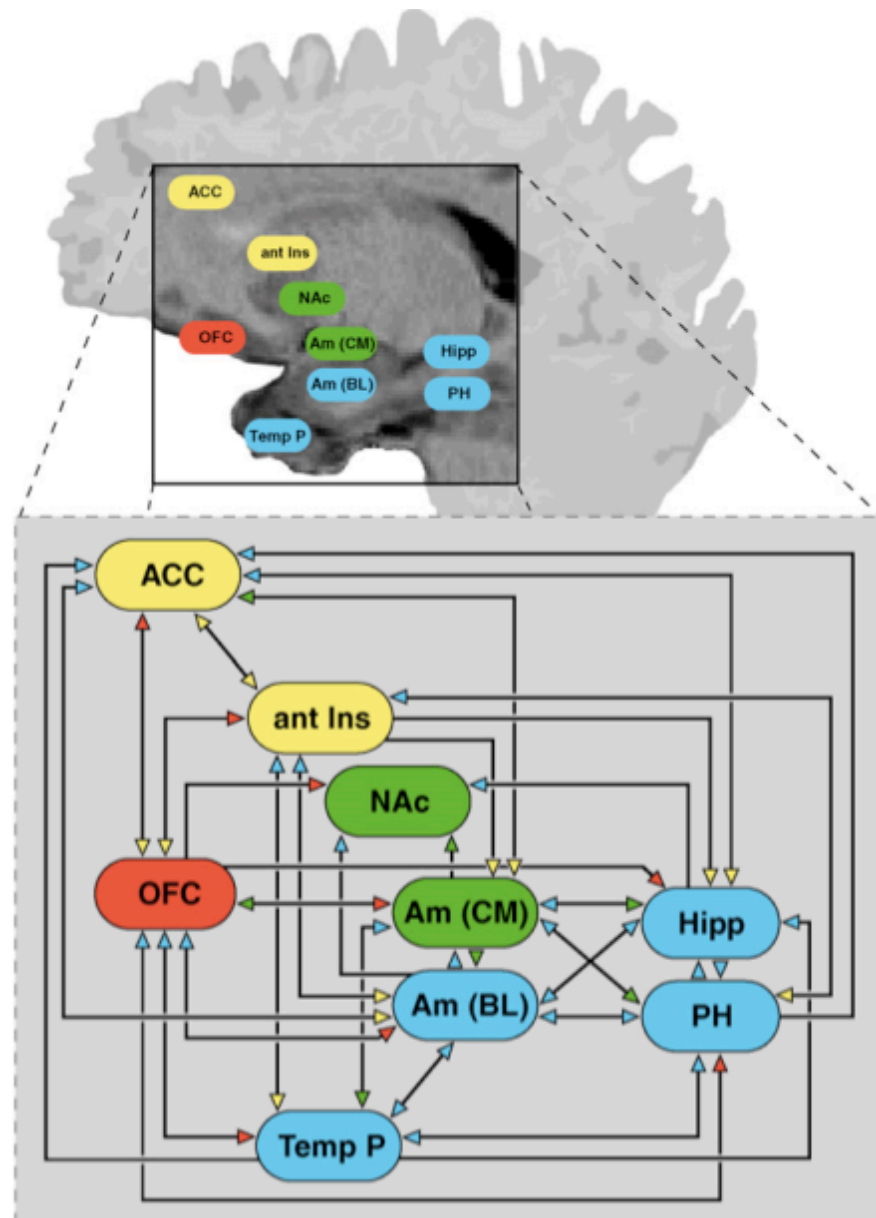
### **2.3.2 Neuroanatomía de la emoción musical**

Estudios realizados con técnicas de neuroimagen funcional han demostrado que la música es capaz de activar estructuras límbicas y paralímbicas, que normalmente se activan ante emociones de la vida cotidiana (Koelsch, 2010). En concreto, estos trabajos muestran como la música activa estructuras corticales y subcorticales fundamentales para el mantenimiento y supervivencia de la especie como por ejemplo, la corteza cingular anterior, la corteza orbitofrontal, el núcleo estriado ventral, la parte anterior de la ínsula, la amígdala o el

hipocampo (figura 4) (Blood, Zatorre, Bermudez y Evans, 1999; Blood y Zatorre, 2001; Koelsch 2010).

<b>ESTUDIOS</b>	<b>PARÁMETROS MUSICALES</b>	<b>EMOCIÓN MUSICAL POSITIVA</b>	<b>EMOCIÓN MUSICAL NEGATIVA</b>
Khalfa y cols., 2005	Tiempo Modo	Tiempo rápido Modo mayor	Tiempo lento Modo menor
Trainor, 2008	Tono Volumen Consonancia	Tono alto Volumen elevado Música consonante	Tono bajo Volumen bajo Música disonante
Ball y cols., 2007	Consonancia Tiempo Ritmo Melodía Contorno musical	Consonante Tiempo mayor (Variables constantes: ritmo, melodía y contorno musical)	Disonante Tiempo menor (Variables constantes: ritmo, melodía y contorno musical)
Khalfa y cols., 2008	Consonancia	Música consonante	Música disonante
Koelsch y cols., 2006	Consonancia	Música consonante	Música disonante
Peretz y cols., 1998	Tiempo Modo Complejidad estructural	Tiempo rápido Modo mayor Estructura relativamente compleja	Tiempo lento Modo menor Estructura relativamente compleja
Menon y Levitin, 2005	Consonancia: melodía, contorno, tono y distancia entre claves musicales Tono Timbre Volumen	Consonante (Variables constantes: tono, timbre y volumen)	Disonante (Variables constantes: tono, timbre y volumen)
Gabrielsson, 2001	Consonancia	Consonante	Disonante
Hevner, 1937	Tiempo Modo (menor influencia: Tiempo, Tono, armonía y ritmo)	Modo mayor Tiempo rápido Armonía Simple	Modo menor Tiempo lento Tono bajo
Gagnon y Peretz, 2003	Tiempo Modo	Tiempo rápido Modo mayor	Tiempo lento Modo menor
Kamenetsky, 1999	Tiempo	Tiempo rápido	Tiempo lento

**Tabla 1:** Resumen de algunos de los trabajos que determinan los parámetros musicales más relevantes en la percepción de la emoción musical.



**Figura 4:** Representación esquemática de las conexiones entre las principales estructuras límbicas y paralímbicas implicadas en el procesamiento del contenido emocional de la música. ACC: corteza anterior cingulada; ants Ins: ínsula anterior; Am (BL): Amígdala basolateral; Am (CM): amígdala corticomedial; Hipp: formación hipocámpica; NAc: núcleo accumbens; OFC: córtex orbitofrontal; PH: giro parahipocámpico; Temp P: polo temporal (Adaptado de Koelsch, 2010).

Además, parece que se produce una activación diferencial en distintas áreas dependiendo de la valencia emocional de la música. Así, cuando se presentan fragmentos musicales evaluados como positivos, se produce un incremento de activación en ciertas regiones de la amígdala, en el núcleo estriado ventral y en la ínsula anterior. Sin embargo, cuando se presenta música evaluada como negativa, se incrementa la actividad en otras

regiones de la amígdala, en el hipocampo y en el giro parahipocámpico, el cual ha sido propuesto por varios investigadores como el área encargada de percibir cambios bruscos en la estructura musical (Ball, Rahm, Eickhoff, Schulze-Bonhage, Speck, y cols., 2007; Fritz y Koelsch, 2005).

En relación a la dimensión emocional de activación, existen datos que demuestran que la música tiene una gran capacidad para elevar el nivel de alerta o activación, provocando la respuesta de determinadas regiones asociadas a cambios autonómicos y hormonales como en la corteza cingulada anterior (o ACC, del inglés Anterior Cingulate Cortex) o en la ínsula. Curiosamente, estas estructuras se encargan también de otros procesos como la comprensión del lenguaje. En concreto, la ACC regula procesos cognitivos complejos como la atención voluntaria o el juicio consciente del grado de agradabilidad de una situación (Martín-Loeches, Casado y Sel, 2008; Koelsch, 2010).

Por tanto, aunque parece que quedan algunas cuestiones por resolver, es evidente el importante papel que tiene la música como regulador de emociones, con una función adaptativa fundamental para la supervivencia y desarrollo de la especie. Así, se puede considerar la música constituye una herramienta ideal para el estudio de las emociones y de sus efectos sobre otras funciones cognitivas.

### **2.3.3 Efecto de la emoción musical sobre otras funciones cognitivas. Música y familiaridad**

Haciendo un repaso a la literatura, encontramos algunos trabajos que demuestran cómo las emociones inducidas por la música, o emociones musicales, tienen efectos sobre otras funciones cognitivas diferentes a la emoción. Así, algunos trabajos han demostrado como la emoción musical produce sesgos atencionales sobre el material visual. Chen, Huang Chen, y Li, (2008), demostraron como el priming emocional negativo producía cambios en la percepción visual. Así, se observaba una modulación de los ERPs asociados al estímulo

visual tras la presentación de música negativa, independientemente del contenido emocional del estímulo visual. Además, la combinación de música con estímulos visuales (películas) provoca una mayor activación en áreas cerebrales encargadas del procesamiento de la emoción (amígdala, hipocampo, y corteza ventrolateral frontal), en relación a cuando se presentan sólo los estímulos visuales (Baumgarter, Esslen, y Jäncke, 2006; Eldar, Ganor, Admon, Bleich, y Hendler, 2007).

En esta línea, uno de los primeros estudios que demostró efectos de la música sobre otras operaciones cognitivas fue el popular trabajo de Rauscher, Shaw, y Ky (1993) en el que demostraron lo que los autores denominaron “El Efecto Mozart”. En este trabajo, los investigadores presentaron una tarea de razonamiento espacial estándar con el objetivo de medir el cociente de inteligencia, CI, a un grupo de 36 estudiantes universitarios. Durante los 10 minutos previos a la tarea, se presentaba fragmentos musicales de Mozart, música relajante o silencio. Los datos de este trabajo revelaron que la presentación previa de fragmentos musicales de Mozart aumentaba significativamente el rendimiento de los estudiantes en las tareas de razonamiento espacial durante los 10-15 minutos posteriores al comienzo de la tarea. Este estudio, aunque no exento de controversia, ha dado paso a una serie de trabajos que tratan de demostrar los efectos positivos de la música sobre otras funciones cognitivas.

En general, la mayoría de estos trabajos proponen que la música que resulta agradable para los individuos, genera en ellos un aumento de activación ” emocional que parece mejorar el rendimiento en determinadas tareas cognitivas. Uno de estos estudios, es el realizado por Schellenberg y Hallam (2005). Estos autores investigaron el efecto de varios tipos de estimulación auditiva, tanto musical como no musical, sobre las habilidades espaciales de 8.120 niños de entre 10 y 11 años. Los niños fueron divididos en tres grupos y a cada grupo se le presentó un tipo de estimulación auditiva distinta: música pop

contemporánea, música compuesta por Mozart y una conversación entre dos personas acerca del experimento en sí. Inmediatamente después, los niños realizaron dos tareas que medían sus habilidades espaciales. Los resultados de este estudio demostraron que los niños a los que se les presentó música pop contemporánea, realizaron significativamente mejor una de las tareas viso-espaciales, en comparación con los otros dos grupos. Con estos resultados, Schellenberg y Hallan (2005) demostraron el gran poder de la música y sus efectos sobre la cognición. Estos autores subrayaron que dichos efectos dependen principalmente de las características de los individuos, argumentando que el grado de familiaridad de la música para cada individuo es un factor clave que determina la ocurrencia de dichos efectos.

## **2.4 Comprensión de oraciones lingüísticas**

### **2.4.1 La capacidad humana del lenguaje**

El lenguaje se puede definir como la capacidad que tienen los seres vivos para comunicarse. Es un sistema de signos y símbolos que nos permite representar conceptos, ideas, pensamientos, sentimientos o emociones, y transmitirlos a otros, siendo capaces así de desarrollarnos y de vivir como seres sociales. Es una herramienta flexible que nos permite: seleccionar los elementos adecuados dentro de un grupo, hacer diferentes combinaciones de estos elementos, obteniendo diferentes resultados en función del objetivo, y transmitir el mensaje mediante un medio de comunicación óptimo (Fitch, 2008).

El lenguaje se organiza en varios niveles de forma jerárquica. Partiendo del nivel de las palabras, definidas como la unidad mínima con sentido completo, pasamos al nivel de las relaciones semánticas, en el que estas palabras se relacionan según su significado. Cuando las palabras forman parte de una oración, su significado está condicionado por las reglas gramaticales o sintácticas que indican el rol que debe tomar cada una de estas palabras en la oración. Es necesario combinar estos dos tipos de información, semántica y sintáctica, para alcanzar el significado global de la oración (tercer nivel). Si el material lingüístico es de



modalidad auditiva, existe un cuarto nivel, la prosodia o entonación acústica, definida por el tono y la longitud del sonido (Fitch, 2008).

Desde el punto de vista evolutivo, Hauser y colaboradores (Hauser, Chomsky y Fitch, 2002) distinguen entre la Facultad del lenguaje en sentido amplio y la Facultad del lenguaje en sentido restringido. La primera es una red computacional que incluye la Facultad del lenguaje en sentido restringido, y sus relaciones con otras dos estructuras, el sistema interno sensorio-motor y sistema conceptual-intencional. Esta facultad no sería exclusiva de la especie humana, si no que estaría presente en otros seres vivos, constituyendo un sistema abierto donde interactúan los distintos sistemas cognitivos. En segundo lugar, la Facultad del lenguaje en sentido restringido, denominado también sistema sintáctico o gramatical, sería exclusiva del ser humano, constituyendo una pieza importante en la evolución del lenguaje, y siendo el único elemento que nos diferencia del resto de las especies (Hauser y cols., 2002). Este sistema es de carácter jerárquico y encapsulado, y su elemento principal es la recursividad. La recursividad es la habilidad para generar infinitas combinaciones a partir de un conjunto limitado de elementos, siguiendo unas reglas gramaticales, conocidas como “Gramática Universal”, que son de carácter innato y comunes entre todas las lenguas (Chomsky, 1957).

Estas propuestas han generado una gran controversia en el campo de la Psicolingüística, dando paso a un gran número de estudios. Así, un conjunto de trabajos ha tratado de demostrar hasta que punto este sistema sintáctico es un sistema cerrado o encapsulado, observando la forma en la que la información sintáctica se combina con otras fuentes de información, como la semántica, en el complejo proceso de comprensión de oraciones lingüísticas. Como veremos a lo largo de este apartado, se han propuesto varias teorías que cuestionan la naturaleza encapsulada e independiente de los procesos sintácticos, debatiendo la exclusividad del sistema gramatical como cualidad humana.

### **2.4.2 Comprensión de oraciones lingüísticas. Modelos modulares y modelos interactivos**

La comprensión de oraciones es un proceso dinámico e incremental, que ocurre de forma muy rápida en el cerebro y en el que intervienen tres tipos de operaciones: Operaciones morfosintácticas, en las que se establecen relaciones entre los elementos en función del lugar que ocupan, operaciones semánticas, en las que se activa la información relativa a cada elemento almacenada en el lexicon semántico, y operaciones en las que se combinan la información semántica relativa a cada palabra con las relaciones morfosintácticas alcanzando el significado global de la oración (Kuperberg, 2007; Martín-Loeches y cols., 2008; Marslen-Wilson y Tyler, 1987). Tradicionalmente, ha existido un fuerte debate en la literatura sobre cómo y cuándo ocurren estos procesos, y acerca de cuál es el peso o la importancia que tiene la información morfosintáctica, o sintáctica, y la información semántica en el proceso de comprensión de oraciones.

Las teorías propuestas se pueden clasificar en un continuo definido por dos extremos: los modelos modulares y los modelos interactivos (van Gompel y Pickering, 2001). Los modelos modulares defienden que la mente está constituida por módulos o estructuras donde se almacena cierto tipo de información y donde tienen lugar operaciones cognitivas específicas de forma serial, no existiendo interacción entre ellos (p.o. Fodor, 1983; Fraizer y Rayner, 1982; Friederici y Weissenbor, 2007). Los modelos modulares, también conocidos como modelos “sintáctico-céntricos”, defienden que en la comprensión de oraciones, primero se establecen las relaciones sintácticas entre los elementos generando una estructura concreta, y a continuación el significado de cada palabra se “encaja” en la estructura sintáctica en función del lugar que la palabra ocupe (Chomsky, 1965; Chomsky, 1981; Frazier, 1987).

En contraposición a los modelos modulares, los modelos interactivos de comprensión de oraciones defienden que los diferentes tipos de información se almacenan y se procesan en

una estructura general que está dividida en subestructuras, en las que tienen lugar determinado tipo de operaciones generalmente en paralelo (Marslen-Wilson y Tyler, 1987). Los modelos interactivos, o como se denominan en la actualidad “teorías de base limitada” (p.o. MacDonald, Maryellen, Pearlmutter, Neal, y Seidenberg, 1994), defienden que la comprensión de oraciones se realiza en una única etapa. En ésta, la estructura de la oración se va generando mediante un proceso dinámico en el que, además de la información sintáctica, intervienen otras fuentes de información, como la semántica o la contextual, desde las primeras etapas de procesamiento (p.o. MacDonald y cols., 1994).

A partir de estas dos perspectivas, se han ido desarrollando una serie de teorías que difieren en el grado en el que la información semántica interacciona con la información sintáctica para formar la estructura de la oración. De manera general, se defiende que el grado de interacción entre las diferentes fuentes de información depende de las circunstancias concretas en las que una oración se presenta. Así, encontramos algunos modelos que defienden que cuando la estructura de la oración es simple y/o poco ambigua, la comprensión de oraciones está principalmente guiada por la información sintáctica. Sin embargo, cuando esta estructura es compleja o ambigua, la información semántica tendría un papel más activo en el proceso de comprensión de oraciones (Ungerleider y Haxby , 1994; Tabor y Tanenhaus, 1999; van Gompel y Pickering, 2001; Kim y Osterhout, 2005).

#### **2.4.3 Operaciones semánticas y sintácticas. Modelo declarativo/procedimental de Ullman (2001, 2004)**

Desde los modelos sintáctico-céntrico, el modelo de Ullman (2001, 2004) establece una serie de diferencias cualitativas entre la vía semántica y la vía sintáctica de procesamiento. Ullman (2001, 2004) postula que la información semántica, es decir, el conocimiento léxico, significado de las palabras y sonidos, forma parte del conocimiento declarativo, o conocimiento del mundo que nos rodea, y se almacena en el lexicón o almacén

semántico. El aprendizaje y la recuperación de esta información son de carácter explícito, y accesibles a otros sistemas, pudiendo ser influenciados por otras fuentes de información. Así, las características principales que definen la vía semántica son: que la información es de carácter no encapsulado o abierto (Ullman, 2001), y que el tipo de operaciones que tienen lugar son de tipo heurístico (Visser, Chwilla, y Kolk, 2007). Como vimos en el apartado anterior, el término heurístico en este contexto hace referencia a un estilo de procesamiento no riguroso, flexible y global, que emplea un menor número de recursos cognitivos, siendo más susceptible a la información externa (Gigerenzer y Goldstein, 1996).

Por otra parte, Ullman (2001, 2004) postula que la información relativa a la vía sintáctica, es decir, las reglas gramaticales que especifican de qué forma han de combinarse los elementos y representaciones abstractas jerárquicamente para formar la estructura de la oración, está almacenada en el sistema de memoria procedimental junto con la información relativa a la realización y ejecución de tareas cognitivas y motoras. Tanto el aprendizaje como la recuperación de esta información procedimental es de carácter implícito, y se emplea en diferentes dominios lingüísticos, como el sintáctico, el morfológico y/o el fonológico, además de aplicarse a diferentes tipos de materiales como la música o las operaciones matemáticas (p.o. Martín-Loeches, Casado, Gonzalo, de Heras, y Fernández Frías, 2006). Así, las características principales que definen la vía sintáctica son: que la información es de carácter encapsulado, no accesible por otras fuentes de información, y de carácter algorítmico. En el apartado anterior definíamos el procesamiento algorítmico como riguroso, analítico, local, y basado en reglas predefinidas. Además, este tipo de procesamiento tiende a dar respuestas concretas, demandando un mayor número de recursos cognitivos. El procesamiento algorítmico es menos flexible que el procesamiento heurístico, y por tanto, menos susceptible a la información externa, siendo de carácter más encapsulado (Martín-Loeches y cols., 2008).

#### **2.4.4 El papel de la memoria de trabajo en la comprensión de oraciones**

Una cuestión fundamental a la hora de proponer un modelo explicativo para la comprensión de oraciones es la forma en la que se organiza la memoria de trabajo y los recursos cognitivos, así como las implicaciones que dicha organización tiene sobre la comprensión de oraciones lingüísticas. Desde esta perspectiva, se debate si los recursos cognitivos empleados para los procesos sintácticos son de carácter exclusivo, empleándose de forma serial (modelos modulares), o por el contrario, si los recursos son los mismos que los que se emplean para otro tipo de procesos lingüísticos de carácter menos automático, como los procesos de tipo semántico (modelos interactivos). En este sentido, se pueden identificar tres grandes enfoques que explicaremos a continuación.

Por una parte, Just y Carpenter (1992) han propuesto el “Modelo de los recursos compartidos”, defendiendo que en la memoria de trabajo existe un conjunto de recursos computacionales compartidos para todas las operaciones lingüísticas. Es decir, se emplean los mismos recursos tanto para construir la estructura oracional, como para recuperar y mantener en la memoria de trabajo la información semántica necesaria para alcanzar el significado global de la oración. Estos recursos son limitados, por lo que si alguno de estos dos procesos (o los dos) tiene una alta demanda de recursos, se produce un enlentecimiento o un fallo en la comprensión de la oración, existiendo además diferencias individuales en cuanto a la capacidad de recursos (Daneman y Carpenter, 1980).

Por su parte, Caplan y Waters (1999) proponen la “Teoría de los recursos divididos”, modelo modular que postula que la comprensión de oraciones está principalmente guiada por las relaciones sintácticas entre los elementos de la oración, lo que determinará su significado. Esta teoría defiende que el componente verbal de la memoria de trabajo, el almacén fonoarticulatorio, (Baddeley, 1986) se divide a su vez en dos subsistemas especializados en los que tienen lugar dos procesos de carácter independiente: procesos interpretativos y los

procesos post-interpretativos del lenguaje. Los procesos interpretativos consisten principalmente en el establecimiento de la estructura sintáctica de la oración, y en el uso de dicha estructura para determinar el significado de la oración. Estos procesos incluyen además otras operaciones lingüísticas como el acceso al léxico, el reconocimiento de palabras, procesos de asignación de roles temáticos en la oración o de activación de información semántica. Los procesos interpretativos son obligatorios para la comprensión de la oración, siendo automáticos, rigurosos, y encapsulados, por lo que su eficacia no se ve afectada por el deterioro o carga informativa de la memoria de trabajo. En los procesos denominados post-interpretativos, se usa el significado de las oraciones para otras tareas cognitivas como almacenar la nueva información en memoria a largo plazo, o el razonar y la planificar acciones. Estos procesos suceden una vez que el significado de la oración se haya logrado, son más controlados, y son abiertos, pudiendo ser afectados por otros procesos cognitivos que demanden recursos, así como por la capacidad individual de memoria de trabajo (Caplan y Waters, 1999)

En un intento de conciliar las dos propuestas anteriores, MacDonald y Christiansen (2002) han propuesto un modelo conexionista que postula que la memoria de trabajo está constituida por una serie de redes neuronales de carácter no modular, determinadas por dos factores principales: por las experiencias lingüísticas vitales de cada individuo, y por las diferencias individuales en la capacidad innata de representar fonemas, que influye a su vez a la primera. La combinación de estos dos factores, determinará la capacidad individual de memoria de trabajo, de modo que la frecuencia o regularidad con la que los individuos se enfrenten a palabras o expresiones concretas, definirá la capacidad de memoria de trabajo de estos individuos para comprender esta información. Por tanto, desde esta perspectiva, la capacidad de la memoria de trabajo no depende directamente de la capacidad innata de memoria de trabajo, ni del grado de encapsulamiento de la información, sino que depende de

la combinación de factores biológicos y ambientales que determinan las conexiones neuronales de la red y la fuerza con las que se unen los nodos de dicha red. (MacDonald y Christiansen, 2002).

Por tanto, aunque estas tres propuestas han sido elaboradas a partir de numerosos estudios y pruebas empíricas, no están absentes de limitaciones, quedando aun muchas preguntas por resolver en cuanto a la naturaleza modular versus interactiva de la memoria de trabajo. Por lo tanto, se hace necesario seguir investigando en esta línea, por ejemplo estudiando las diferencias entre la vía de procesamiento sintáctica y la semántica cuando ambas son afectadas por la misma información externa.

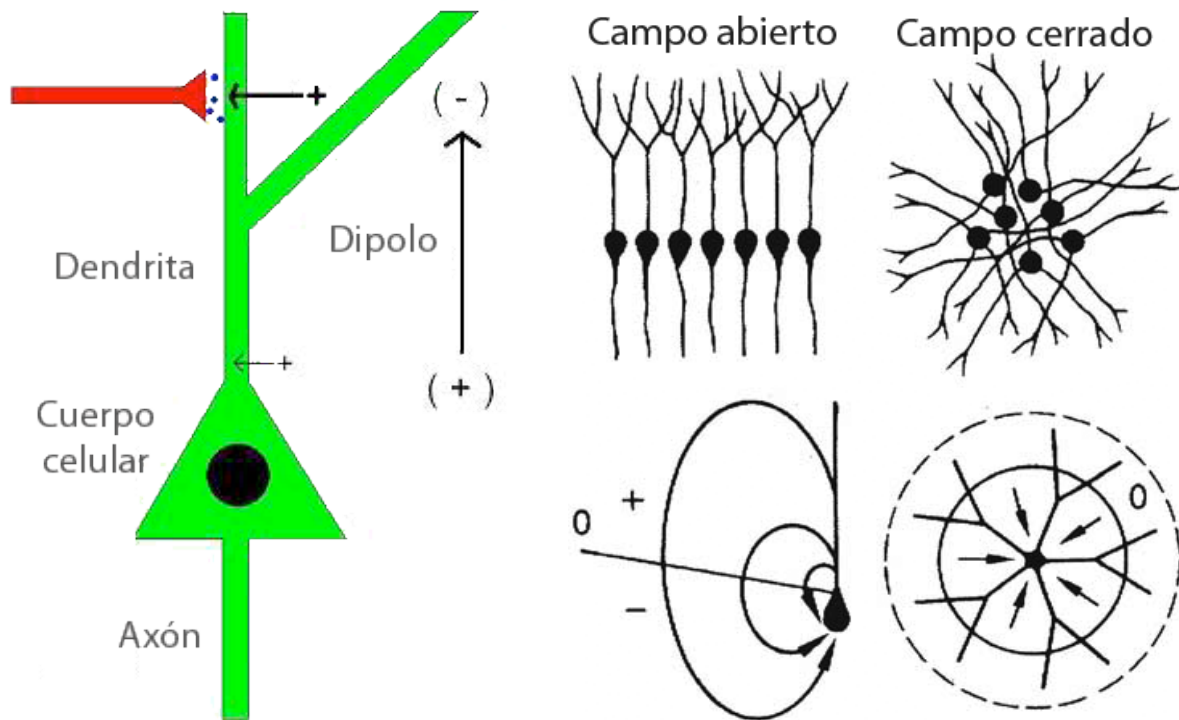
## **2.5 Estudio del lenguaje mediante la técnica de los potenciales evento-relacionados**

### **2.5.1 Origen y registro de la señal electrofisiológica cerebral**

La señal electrofisiológica cerebral que se registra mediante los sensores o electrodos colocados a lo largo del cuero cabelludo está constituida por una serie de cambios de voltaje. Dichos cambios de voltaje se producen como resultado de la sincronización de un gran número de potenciales post-sinápticos, excitatorios o inhibitorios que, generalmente, tienen lugar en neuronas de gran tamaño (como las neuronas piramidales) situadas en la corteza cerebral (Carretié, 2000). Para que dichos cambios de voltaje se puedan registrar mediante los sensores colocados en el cuero cabelludo, estas neuronas deben estar configuradas en “campo abierto”. Esto es, las neuronas deben de estar organizadas en capas y la posición de las dendritas post-sinápticas debe ser perpendicular a la corteza. De este modo, se produce un flujo de corriente eléctrica que puede ser registrado por los sensores externos (Lorente de Nó, 1974).

La señal electroencefalográfica que se registra es de carácter continuo, de forma que se van registrando cambios de voltaje en el tiempo, y también en el espacio, pudiéndose registrar diferentes medidas de voltaje con topografías diferentes en el mismo punto

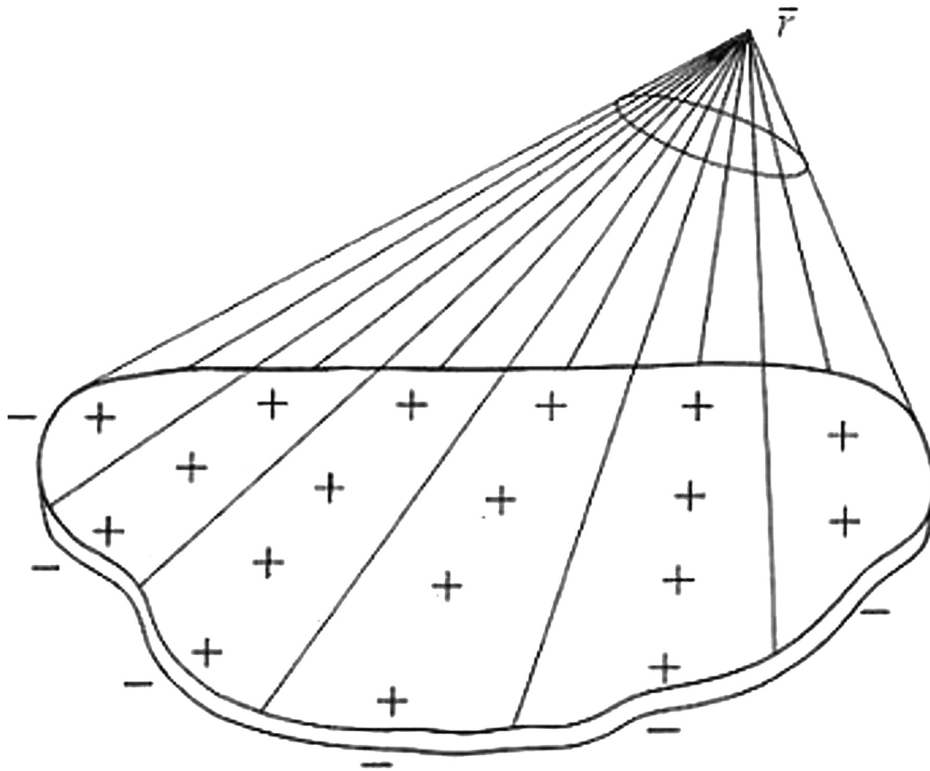
temporal. Es importante destacar que el hecho de que se registre cierta actividad eléctrica en una región concreta del cuero cabelludo no significa que esa actividad eléctrica se genere en la región cortical situada inmediatamente por debajo del electrodo en el que se registra la actividad (Kutas y Dale, 1997; Rugg, 1999).



**Figura 5:** Origen de la señal electrofisiológica cerebral. Izquierda: Organización neuronal y dinámica mediante la que se genera el dipolo (Adaptado de Brain in a VAT, base de datos online). Derecha: Organización de las neuronas en campo abierto y cerrado (Adaptado de MITCogNet, biblioteca online).

Cuando se genera un flujo de actividad eléctrica en un conjunto de neuronas orientadas en campo abierto, por principios de electromagnetismo, estas neuronas pasan a ser dipolos. En ellos, la corriente eléctrica circula desde la fuente de actividad hasta un punto cercano de mínima actividad. Así, el flujo eléctrico se puede representar vectorialmente, donde el vector parte de la fuente de actividad y la longitud del vector indica hasta donde alcanza la corriente eléctrica en función de su intensidad (figura 6).





**Figura 6:** Representación esquemática de una población de neuronas de gran tamaño posicionadas en campo abierto formando un dipolo que se difunde a través del tejido cerebral hasta  $r \rightarrow$  (Adaptado de Avitan y cols., 2009).

### 2.5.2 En qué consiste la técnica de los potenciales evento-relacionados

El registro electroencefalográfico refleja una gran cantidad de actividad eléctrica neuronal producto de varias funciones sensoriales y cognitivas, incluyendo aquellos procesos cerebrales implicados en funciones autonómicas, como la regulación de la temperatura, la respiración, etc. Así, en la señal electroencefalográfica es difícil diferenciar entre la actividad relacionada con procesos psicofisiológicos que ocurren de forma continua en el cerebro, como los procesos autonómicos, y aquella actividad relacionada con procesos cognitivos concretos (Martín-Loeches, 2001).

La técnica de los potenciales evento-relacionados o ERPs soluciona este problema. Esta técnica nos permite identificar y estudiar aquellos cambios de voltaje eléctrico asociados a un estímulo concreto, que tienen lugar inmediatamente después de la aparición de éste, independientemente de la modalidad de dicho estímulo (visual, auditivo o somatosensorial), y

que además se producen de forma no consciente (Callaway, Gruae y Shatton, 1975, Rockstroh, Elbert, Birbaumer y Lutzenberger, 1982). A diferencia de la señal del EEG que suele oscilar entre -100 y 100 microvoltios ( $\mu\text{V}$ ), las señales asociadas a estímulos concretos implican un cambio de voltaje medio de  $\pm 5 \mu\text{V}$ . Por lo tanto, los ERPs no pueden ser observados directamente en el EEG. Para poder observar los cambios de voltaje asociados a un estímulo concreto, este estímulo se debe presentar un número determinado de veces. Así, mediante el promedio de todas las épocas o segmentos del EEG donde se haya registrado la información eléctrica ocurrida inmediatamente después de la presentación del estímulo, se puede separar la señal electrofisiológica constante y aleatoria, de la señal asociada a este estímulo concreto. Por tanto, un potencial evento-relacionado consiste en la actividad eléctrica, promediada a través múltiples ensayos, que está directamente ligada a un estímulo concreto.

En general, el número de segmentos o ensayos necesarios para obtener una señal de ERP depende de una serie de factores, siendo el más importante la proporción entre el tamaño de la señal (ERP) y el tamaño del ruido (EEG constante y aleatorio). Cuando se estudian funciones cognitivas, son necesarios entre 30 y 60 segmentos presentados por condición y por participante para obtener una señal de calidad. Dependiendo del potencial de interés y de las características de la muestra objeto de estudio, se necesitarán más o menos segmentos. Por ejemplo, si se está estudiando un potencial de tamaño medio como el N2, son necesarios al menos entre 400 y 800 ensayos por condición para obtener una relación señal/ruido aceptable. Es importante destacar que la relación entre el número de ensayos y la proporción señal ruido es una función negativa, en la que si  $R$  es la cantidad de ruido en un solo ensayo y  $N$  es el número de ensayos, la cantidad de ruido en la media de todos los ensayos será igual a la siguiente expresión matemática:

$$(1 / \sqrt{N}) \times R$$

**Figura 7:** Ecuación para el cálculo de la proporción señal ruido, en la que  $R$  es la cantidad de ruido en un solo ensayo y  $N$  es el número de segmentos que se promedian.

En otras palabras, el ruido que permanece cuando se promedian todos los ensayos decrece en función de la raíz cuadrada del número de ensayos. De la misma forma, como la señal no varía cuando se promedian todos los ensayos de una misma condición, la proporción señal ruido en función de la raíz cuadrada del número de ensayos. Por ejemplo, cuando se estudia el componente P300, cuya amplitud real es de 20  $\mu V$  (sin ruido), y el ruido en un ensayo es de 50  $\mu V$ , entonces la proporción señal ruido será de 20:50 (0.4), proporción bastante baja. Si se promedian cuatro ensayos, la proporción señal ruido incrementará por 2 ( $\sqrt{4} = 2$ ), y así sucesivamente (Luck, 2005).

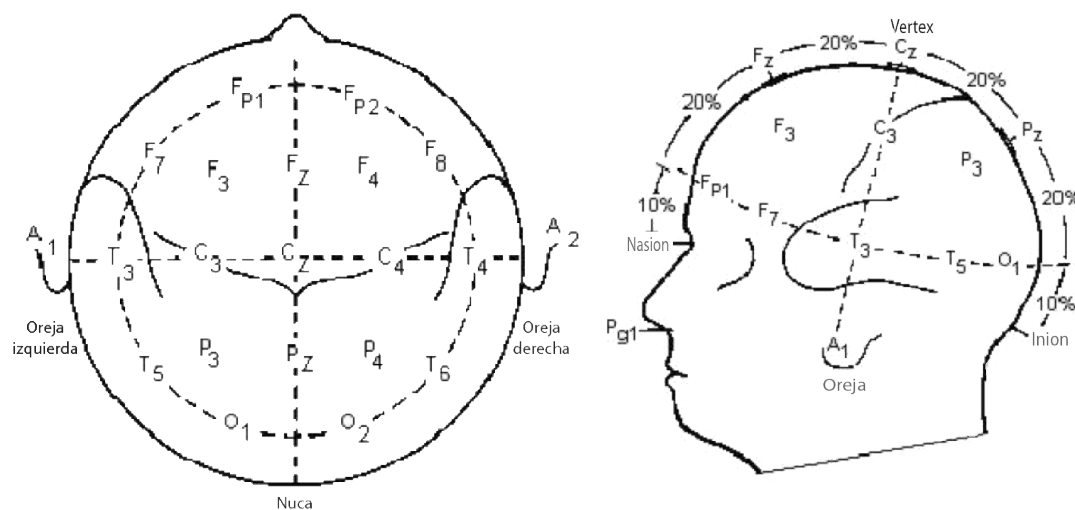
### 2.5.3 Potenciales evento-relacionados. Cuestiones generales

#### 2.5.3.1 Registro de los potenciales evento-relacionados (ERPs)

Para poder registrar y analizar la señal electroencefalográfica a partir de la cual se estudian los ERPs, es necesario seguir una serie de pasos estandarizados.

En primer lugar, es necesario tener en cuenta que para poder registrar electricidad mediante un sensor, es necesario otro de referencia. El método más común en el registro electroencefalográfico es referenciar todos los sensores o electrodos cefálicos a un electrodo de referencia durante el registro de la señal (p.o. un electrodo colocado en el hueso mastoides izquierdo). La disposición de los electrodos a lo largo del cuero cabelludo se suele realizar en base a un sistema estándar denominado Sistema 10/20 (Jasper, 1958), como es el caso de los experimentos que se presentan en esta tesis. El Sistema 10/20 es un método reconocido internacionalmente, y que fue desarrollado para la estandarización de los trabajos, que permite la posterior replicación, comparación y generalización de resultados.

En concreto, según este sistema los electrodos han de colocarse siguiendo cuatro marcas anatómicas. El nasion, que es el punto localizado entre la frente y la nariz, y el inion, que es el punto más bajo del cráneo en la parte de atrás de la cabeza, y los dos pabellones auditivos o auriculares. Como se puede observar en la figura 8, cada sitio en el que se coloca un electrodo se denomina con una letra y un número. La letra indica el lóbulo en el que está colocado. Así las letras F, T, C, P y O, corresponden a los lóbulos frontal, temporal, centra, parietal y occipital, respectivamente (indicar que el lóbulo central no existe como tal, pero en este sistema se usa para facilitar la denominación y localización de los electrodos situados en la parte media del cuero cabelludo). Los números impares indican que los electrodos se colocan a izquierda, y los pares, a la derecha.



**Figura 8:** Localización de los electrodos según el Sistema Internacional 10/20. Se pueden observar los puntos de referencia empleados para la colocación de los electrodos, así como los puntos donde dichos electrodos se colocan en el cuero cabelludo, y la distancia entre ellos.

La señal eléctrica recogida en los electrodos es amplificada y filtrada con el objetivo de eliminar actividad eléctrica no relacionada con la actividad cerebral. Durante el registro de la señal, se suele aplicar un filtro de paso de banda entre 0.01 y 100 Hertzios (Hz). La tasa de muestreo suele ser de 250 Hz (lo que significa que se recoge una medida de voltaje aproximadamente cada 4 ms.), de 500 Hz o incluso de 1000 Hz (Luck, 2005), en función del objetivo del estudio.

Durante el registro de EEG, cualquier movimiento muscular por parte del participante es fuente de actividad eléctrica. Esta actividad eléctrica motora suele ser de mayor amplitud de voltaje y “contamina” la señal eléctrica cerebral. Para evitar que esto se produzca, se solicita a los participantes que durante el registro permanezcan lo más relajados y quietos posible, que fijen su atención en el centro del monitor (donde suele aparecer la información, en el caso de la modalidad visual), y que procuren no parpadear durante la aparición de los estímulos críticos. A pesar de estas indicaciones, se suelen producir movimientos oculares y/o musculares a lo largo del registro que generan artefactos en la señal. Con el objetivo de poder eliminar estos artefactos durante el análisis de la señal, se colocan electrodos arriba y abajo, y a ambos lados de los ojos. Dicha información se utilizara posteriormente para la corrección de la actividad eléctrica provocada por los movimientos oculares.

Además, la realización de un estudio de ERPs requiere el empleo de un sistema en el que dos ordenadores están conectados y sincronizados a un reloj. Mediante un ordenador se presentan los estímulos de interés, y mediante el otro se registra la señal electroencefalográfica. Para poder localizar las variaciones de voltaje debidas a los estímulos de interés, es necesario que cada vez que se presente un estímulo, se mande una señal desde el ordenador que presenta los estímulos al ordenador que registra la señal electroencefalográfica. Esta señal o marcador experimental indicará el momento exacto en el que se ha presentado el estímulo de interés en el EEG. Estos marcadores experimentales se utilizan posteriormente en el análisis para dividir el continuo electroencefalográfico en segmentos, y poder calcular el promedio de los segmentos correspondientes a cada uno de los estímulos de interés.

### **2.5.3.2 Componentes de los potenciales evento-relacionados**

Por consenso, la denominación de los componentes suele hacerse de la siguiente manera. Estos se definen con una “N” o una “P”, en función de su polaridad, negativa o

positiva, respectivamente. Esta letra va acompañada unos dígitos correspondientes a la latencia media en la que el componente alcanza su máximo voltaje o amplitud. Por ejemplo, el componente N100 o N1, es una negatividad que alcanza su máximo voltaje a los 100 ms tras la presentación del estímulo (Key y cols., 2005).

Los componentes de los ERPs se definen principalmente en función de tres parámetros. Primero, la polaridad de su voltaje, positiva o negativa. Segundo, la latencia o intervalo temporal que transcurre desde que se presenta el estímulo hasta que comienza el cambio en el potencial eléctrico. Tercero, la distribución topográfica del ERPs o lugar en el cuero cabelludo donde se registra la mayor amplitud de este potencial (p.o. Martín-Loeches, 2001; Key, Dove y Maguire, 2005). Por tanto, la información que ofrecen los potenciales evento-relacionados es de carácter multidimensional, siendo muy útil a la hora de detectar diferencias en amplitud, latencia o distribución entre dos condiciones experimentales en las que se ha manipulado una o varias variables independientes. Así, a partir de las diferencias encontradas en estas dimensiones se pueden hacer inferencias sobre los cambios ocurridos en los procesos subyacentes para cada condición experimental (Coulson, King, y Kutas, 1998).

### **2.5.3.3 Localización de los componentes sobre la corteza cerebral y fuentes de actividad eléctrica**

Un mapa de actividad cerebral consiste en la representación gráfica de las áreas de corteza cerebral donde se registra la mayor amplitud de voltaje de uno o varios componentes en un momento concreto tras la aparición del estímulo. De forma general, se asigna un color al voltaje negativo y otro color al voltaje positivo. Mediante la intensidad de este color, se indica la amplitud de voltaje de ese componente. Cuanto más intenso sea el color, más amplitud de voltaje se estará representando. Los mapas de actividad eléctrica cerebral se dibujan a partir de la información recogida en cada electrodo. Sin embargo, no importa cuántos electrodos se coloquen sobre la superficie del cuero cabelludo, ya que es físicamente

imposible cubrir esta superficie por completo. Por tanto, para la elaboración de los mapas de actividad eléctrica es necesario hacer una interpolación o cálculo de los valores de voltaje de la superficie comprendida entre varios electrodos, a partir de la información de estos electrodos (Picton y cols., 2000; Martín-Loeches, 2001).

Como se ha mencionado anteriormente, el hecho de que se registre una actividad eléctrica de voltaje concreto en una región específica del cuero cabelludo no significa que esa actividad eléctrica se genere en ese punto. De hecho, existen muchos posibles dipolos que pueden ser el origen de una actividad eléctrica concreta. Esto es lo que se conoce como problema inverso, y es la desventaja de esta técnica (Picton y cols, 1995). Existen varios procedimientos para paliar este problema inverso. Éstos se basan en una serie de algoritmos matemáticos que permiten calcular con cierto grado de certeza el origen de la actividad eléctrica. Los más conocidos son el LORETA (del inglés “Low Resolution Electromagnetic Tomographic Análisis”) (Pascual-Marqui, 1999), el BESA (del inglés “Barín Electrical Source Análisis”) (Scherg y Berg, 1996) o el VARETA (del inglés, “Variable Resolution Electric Magnetic Tomography”) (Bosch-Bayard, Valdés-Sosa, Virues-Alba, Aubert-Vázquez, y cols., 2001).

#### **2.5.4 Potenciales evento-relacionados para el estudio del lenguaje**

Tanto la comprensión como la producción del lenguaje son dos procesos que implican una serie de operaciones cognitivas a distintos niveles, que suceden de una forma muy rápida, y que implican varias áreas cerebrales de forma simultánea. En la literatura se han identificado una serie de cambios en amplitud, latencia o distribución en los ERPs asociados a varios de estos procesos lingüísticos desde el reconocimiento de palabras, hasta el procesamiento del discurso (Kutas y van Petter, 1994; Osterhout 1994; Osterhout y Holcomb, 1995). En el siguiente apartado nos centraremos en aquellos componentes de los ERPs asociados a la comprensión de oraciones, tanto a nivel semántico como a nivel sintáctico.

#### 2.5.4.1 El estudio de la comprensión de oraciones lingüísticas

Se han identificado una serie de componentes de los ERPs índices de los procesos subyacentes a la comprensión de oraciones a distintos niveles. En palabras del autor, los ERPs lingüísticos “tienen el honor de distinguir entre el procesamiento de la información semántica y el procesamiento de la información sintáctica” (p.o. Hagoort, 2003). Así, se distinguen tres componentes principales para el estudio de la comprensión de oraciones. El componente N400, típicamente relacionado con procesos de comprensión a nivel semántico. El componente LAN, índice de procesamiento a nivel sintáctico de la oración. El componente P600, tradicionalmente relacionado con procesos de reanálisis y reparación de la estructura sintáctica, pero que en la actualidad se considera índice de diferentes tipos de operaciones como las semánticas, u operaciones en las que interactúan la información semántica y la información sintáctica para alcanzar la comprensión global de las oraciones (Kuperber, 2007).

#### 2.5.4.2 Componente N400

Como su nombre indica, el componente N400 es una actividad eléctrica de voltaje negativo, cuyo punto máximo de voltaje tiene lugar en torno a los 400 ms después del comienzo de la presentación de la palabra, apareciendo entre los 250 y 550 ms en los adultos. Tiene una distribución centro-parietal, ligeramente orientada hacia la derecha. Es un índice de procesamiento semántico de la oración (Kutas y Besson, 1999; Chwilla, Brown, y Hagoort, 1995).

Originariamente, el componente N400 fue propuesto como un índice de incongruencia semántica, al comparar la actividad eléctrica asociada a palabras congruentes con el contexto de la oración (“La pizza estaba demasiado caliente para comer”) con la actividad eléctrica asociada a palabras incongruentes (“La pizza estaba demasiado caliente para llorar”) (Kutas y Hillyard, 1980; Kutas y Hillyard, 1984). En la actualidad, este



componente no solo se considera un índice de incorrecciones o incongruencias semánticas, sino que está directamente relacionado con la dificultad o el coste cognitivo que supone “encajar” una palabra en la estructura semántica de la oración. Así, dicho componente es proporcional al grado en el que las palabras no “encajan” en el contenido de la oración, y que hace que ésta pierda sentido. Por ejemplo, en la oración “He plantado judías en mi cielo”, la palabra “cielo” elicitará una N400 de mayor amplitud que la palabra “jardín” en la misma oración (Kutas y Besson, 1999; Chwilla y cols., 1995).

Uno de los elementos que más influyen en la aparición y modulación del componente N400 es la expectativa que se tiene acerca de una palabra en función del contexto de la oración. Esta expectativa se define mediante el concepto de “cloze probability”, que indica la proporción de personas que completarían la oración con una palabra concreta (Taylor, 1953). Éste es uno de los parámetros más determinantes en la aparición del componente N400, la amplitud del componente N400 aumenta de forma gradual cuanto menor sea la “cloze probability” (Kutas y Hillyard, 1984). Por otra parte, es importante la plausibilidad o admisibilidad de esa palabra en el contexto de la frase, en función de nuestro conocimiento del mundo. En la frase “Ella le compró un collar de perlas para su cumpleaños/ colección/ bocadillo.”, la palabra colección tendría una menor “cloze probability” que la palabra cumpleaños, pero es plausible o admisible en ese contexto, con lo cual elicitaría una negatividad de menor amplitud que la palabra bocadillo, que no es admisible ni esperada.

Por otra parte, existen una serie de parámetros que influyen en la amplitud del componente N400, como la frecuencia de uso de las palabras o el nivel atencional o control cognitivo. Así, las palabras más frecuentes eliciarán una N400 de menor amplitud, siendo este componente sensible a efectos de repetición (Rugg, 1985; Rugg, 1999). Por otra parte, mientras que algunos autores defienden que el componente N400 ocurre independientemente del grado de control atencional sobre la tarea (p.o. Kiefer, 2002), otros han observado la

ausencia de este componente en tareas de atención dividida, como las tareas dicóticas (Bentin, Kutas y Hillyard, 1995), o en tareas en las que la atención no estaba directamente dirigida al significado del estímulo (p.o. Chwilla y cols., 1995). A diferencia de la dimensión amplitud, la dimensión latencia del componente N400 parece ser relativamente más estable. Algunas de los factores que afectan la latencia de este componente son la edad, el conocimiento sobre el lenguaje o la tasa de presentación de las palabras (Holcomb, Coffey, y Neville, 1992; Kutas, 1993).

Existe un debate acerca de los mecanismos subyacentes al componente N400 (Van Petten y Luka, 2011). Por una parte, se considera que el componente N400 refleja procesos de integración rápida de la información. Desde esta perspectiva se defiende que el previo activa determinadas redes semánticas donde se almacenan los diferentes candidatos potenciales, generándose una serie de expectativas. Cuando se presenta la palabra objetivo, el significado de esta palabra es rápidamente comparado (incluso de forma parcial) con los candidatos potenciales y la información entrante se integra con la información semántica activada previamente. Por ejemplo, en la frase “Él temía que las drogas le estuvieran dañando el cerebro/ la mente/ la reputación”, las palabras “mente” y “reputación” tienen una baja y equivalente “close probability”. Sin embargo, la amplitud de la N400 ante la palabra “reputación” es significativamente mayor que la elicitada por la palabra “mente”, ya que la segunda está semánticamente más conectada con el candidato preferente “cerebro” en la red, siendo más fácilmente integrada (Thornhill y Van Petten, admitido para publicación).

Por otra parte, se defiende que el componente N400 está reflejando procesos de predicción. Desde esta perspectiva se defiende que se generan una serie predicciones sobre los candidatos concretos basadas en el contexto previo de la oración, de forma que la menor amplitud del componente N400 ante palabras congruentes, estaría reflejando los beneficios de dichas predicciones, resultando en un menor coste cognitivo. Así por ejemplo, en un

trabajo en el que se presentaban oraciones del tipo “Vamos a la playa a volar la cometa/el avión”, se analizó la respuesta cerebral asociada con el artículo que precedía a la palabra objetivo. Así, se demostró que la amplitud del componente N400 ante el artículo “la” era menor que la amplitud observada ante el artículo “el”. Esto estaría indicando que la comprensión semántica no se basa en procesos rápidos de integración que van teniendo lugar conforme la información va entrando, sino que el proceso de comprensión de oraciones implica una activación previa de una serie de candidatos concretos, de forma que la información entrante ha de contrastarse con dichos candidatos (De Long, Urbach, y Kutas, 2005). A partir de estos trabajos, se han ido realizando otros estudios que apoyan tanto la perspectiva de la integración como la perspectiva de la predicción, con lo que parece que el debate acerca de los mecanismos que subyacen el componente N400 sigue abierto. Así, algunos autores han sugerido la posibilidad de considerar como válidos los dos mecanismos, de forma que dependiendo de las características del material lingüístico presentado, tendrá lugar uno u otro (Van Petten y Luka, 2011).

#### **2.5.4.3 Componente LAN**

El componente LAN (del inglés, “Left Anterior Negativity”) es una actividad eléctrica de voltaje negativo que suele aparecer entre los 300 y los 500 ms tras el comienzo de la presentación de la palabra, y que tiene una distribución anterior. Indicar que tanto la distribución, como la latencia y/o la duración de este componente son de carácter variable. En términos generales, este componente ha sido interpretado de dos formas. Como un índice de detección de incorrecciones sintácticas en la oración (Friederici, Hahne, y Mecklinger, 1996), o como un índice general de procesos primarios de memoria de trabajo (Kluender y Kutas, 1993; Matzke, Mai, Nager, Russeler, y Munte, 2002; Martín-Loeches, Muñoz, Casado, Melcón, y Fernández-Frías, 2005).

Así, el componente LAN ha sido asociado tanto a incorrecciones morfosintácticas, como a incorrecciones en la estructura de la palabra. Estudios realizados en diferentes idiomas, han observado un incremento de la amplitud de este componente ante incorrecciones morfosintácticas de distintos tipos, como por ejemplo, ante incorrecciones entre el sujeto y el verbo de la oración, incorrecciones de número, incorrecciones de género o incorrecciones de caso (p.o. Martín-Loeches y cols., 2008; Coulson y cols., 1998, Munte, Heinze, Matzke, Wieringa, y Johannes, 1998). Además, la amplitud de este componente varía en función de la dificultad que impliquen estas incorrecciones morfosintácticas a la hora de asignar los roles temáticos en la oración (Casado, Martín-Loeches, Muñoz, y Fernández-Frías, 2005). Por otra parte, como se ha mencionado antes, el componente LAN también ha sido descrito como un índice general de memoria de trabajo, apareciendo ante estructuras oracionales complejas en ausencia de violación (Kluender y Kutas, 1993; Matzke y cols., 2002; Martín-Loeches y cols., 2005). En estos casos, el componente LAN constituiría un índice de diferentes procesos de almacenamiento y recuperación de información sintáctica en la memoria de trabajo, siendo el resultado de la suma de dos componentes de voltaje negativo, uno correspondiente a los procesos de almacenamiento y otro correspondiente a los procesos de recuperación (Matzke y cols., 2002).

De la misma forma, otros trabajos defienden que estructuras sintácticas complejas conllevan una mayor demanda de recursos cognitivos en la memoria de trabajo, especialmente en aquellos individuos con menos capacidad de memoria de trabajo (Waters y Caplan, 2005; Martín-Loeches y cols., 2005). Así, es importante destacar que cuando se dedican parte de los recursos de memoria de trabajo a otras tareas, se observa una modulación de la amplitud del componente LAN, lo que sugiere la existencia de generadores neuronales comunes (Vos, Gunter, Kolk, y Mulder, 2001; Martín-Loeches y cols., 2005).

#### **2.5.4.4 Componente P600/SPS**

El componente P600, tradicionalmente denominado SPS (del inglés, “syntactic positive shift”, o cambio sintáctico positivo) es una actividad eléctrica de voltaje positivo que tiene lugar entre 500 y 800 ms tras el comienzo de la aparición del estímulo, alcanzando un voltaje máximo alrededor de los 600 ms tras la aparición del estímulo. Tiene una distribución centro-parietal (Neville, Nicol, Brass, Forster, y Garrett, 1991).

Al igual que el componente LAN, el componente P600 ha sido asociado a incongruencias o incorrecciones de la estructura sintáctica de la oración, como por ejemplo incorrecciones entre el sujeto y el verbo, o incorrecciones de género o número. Tradicionalmente, este componente se ha interpretado de dos maneras. Por una parte, se considera que es un índice de procesos de reparación sintáctica (p.o. Friederici, 1995). Por otra, se cree que refleja procesos de reanálisis sintáctico (p.o. Munte, 1998). Una tercera interpretación, propone que el componente P600 es un índice de procesos de formación, monitorización y diagnóstico, reflejando la imposibilidad para asignar el lugar de una palabra en la estructura precedente (Hagoort, Brown, y Groothusen 1993). De esta forma, su amplitud sería proporcional al coste general para integrar la información sintáctica (Kaan, Harris, Gibson y Holbom, 2000).

La latencia del componente P600 es variable, depende del tiempo necesario para identificar y activar los elementos requeridos en las operaciones sintácticas. Por ejemplo, la latencia de este componente está determinada por parámetros como la complejidad de la estructura lingüística, o el SOA (del inglés, “stimuli onset asynchrony” o asincronía del inicio de los estímulos), esto es, el tiempo que transcurre desde que empieza un estímulo hasta que se presenta el siguiente. Su topografía también es variable, puede ser más central o más centro-parietal, y depende también del grado de complejidad sintáctica de la oración. Así, esta variabilidad en funcionalidad, latencia y topografía parecen señalar la existencia de una

“familia” de P600s, aunque los datos actuales indican que aún queda mucho por explorar en este sentido (Friederici, 2002; Kaan y Swaab, 2003; Carreiras, Salillas, y Barber, 2004).

Por otra parte, existe un gran número de trabajos que demuestran que el componente P600 no es específico de incorrecciones sintácticas, sino que también aparece ante incorrecciones semánticas (Kuperberg, 2007). Tampoco parece ser específico del lenguaje, encontrándose ante otro tipo de materiales como la música o las imágenes visuales. En concreto, este componente aparece ante incorrecciones en la ortografía de las palabras (Munte y cols., 1998), incorrecciones semánticas (Martín-Loeches y cols., 2008), incorrecciones en la música (Steinbeis y Koelsch, 2009), incorrecciones en figuras geométricas (Besson y Macar, 1987), incorrecciones en secuencias de elementos abstractos (Lelekov, Dominey, y Garcia-Larrea, 2000), o incorrecciones en cálculos matemáticos (Martín-Loeches y cols., 2006). Por lo tanto, en base a todos estos estudios, se ha propuesto que el componente P600 refleja un índice general de incorrecciones o alteraciones en las estructuras que siguen determinadas reglas, estando muy relacionado con el hecho de que la estructura alterada sea de carácter infrecuente (Patel, 1998).

### **CAPÍTULO 3**

#### **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El objetivo de esta tesis es investigar qué efectos tiene la emoción inducida por la música sobre la comprensión de oraciones lingüísticas, cuando la música se presenta de fondo, de forma simultánea a las oraciones. Para la consecución de este objetivo, se han empleado medidas conductuales, y medidas electrofisiológicas, índices de procesamiento sintáctico y de procesamiento semántico de la oración.

En concreto, los objetivos específicos de este trabajo son:

- Observar y/o medir si se producen cambios en el patrón electrofisiológico de respuesta ante incorrecciones sintácticas (componentes LAN y P600), o ante incorrecciones semánticas (componentes N400 y P600), en los estudios I y II, respectivamente.
- Objetivo principal 1: Comparar los patrones electrofisiológicos índices de incorrecciones sintácticas (estudio I) y de incorrecciones semánticas (estudio II) bajo tres condiciones experimentales: 1) cuando se presenta de forma simultánea música evaluada como positiva, 2) música evaluada como neutra y 3) música evaluada como negativa, analizando así también las diferencias entre los procesos de comprensión sintácticos y semánticos en interacción con la música.
- Objetivo principal 2: Comparar las medidas conductuales de tiempo de reacción y porcentaje de aciertos en tareas de discriminación entre oraciones correctas y oraciones sintácticamente incorrectas (estudio I), y entre oraciones correctas y oraciones semánticamente incorrectas

(estudio II), cuando se presenta de forma simultánea música evaluada como 1) positiva, 2) neutra o 3) negativa.



## **CAPÍTULO 4**

### **ESTUDIO I:**

#### **EFECTOS DE LA EMOCIÓN MUSICAL**

#### **SOBRE LA COMPRENSIÓN SINTÁCTICA DE ORACIONES**

### **4.1 Introducción**

En muy diversas situaciones, los seres humanos tendemos a acompañar nuestras actividades diarias con música, pasando a ser un elemento que forma parte del ambiente en el que interactuamos diariamente. Así también, la música es frecuentemente empleada con un propósito concreto en ámbitos como el comercial, o la industria del cine. En muchas de estas ocasiones, la música se suele presentar de forma simultánea a los mensajes lingüísticos. De esta forma, es lógico pensar que dicha música puede influir sobre la comprensión de estos mensajes a algunos de sus niveles. Así, con la realización de este trabajo se pretende investigar sí, y en su caso de qué manera, la música afecta a la comprensión sintáctica de oraciones, cuando ésta es presentada simultáneamente al mensaje lingüístico.

Como se ha mencionado en la introducción, música y lenguaje son dos formas de comunicación, formadas por elementos que se combinan en estructuras siguiendo unas reglas concretas. Así también, existe cierto solapamiento entre ambos dominios en el cerebro a nivel sintáctico. Por tanto, una posibilidad sería que la música afectara al lenguaje como consecuencia de dicho solapamiento (p.o. Patel, 2008; Steinbeis y Koelsch, 2008b).

Otra posibilidad, muy poco explorada hasta el momento, sería que la música afecte a la comprensión del lenguaje debido a su gran capacidad para generar emociones (p.o. Koelsch, 2010). Como hemos visto anteriormente, la emoción inducida es capaz de producir cambios en otras funciones cognitivas como el razonamiento o la percepción visual (Mitchell y Phillips, 2007; Martín-Loeches, y cols., 2009; Blanchette y Richards, 2010; Vissers, y cols.,

2010), existiendo varias propuestas para dar explicación a los efectos de la emoción sobre dichos procesos cognitivos y atencionales (p.o. Blanchette y Richards, 2010; Derakshan y Eysenck, 2010).

Muy pocos son los trabajos que hasta la fecha han estudiado el efecto del estado emocional inducido sobre la comprensión del lenguaje a nivel sintáctico. Como describimos en la introducción, Vissers y colaboradores (Vissers y cols., 2010) observaron como películas con contenido emocional presentadas de forma previa a oraciones sintácticamente incorrectas, modulaban la amplitud del componente P600. Por su parte, Jiménez-Ortega y colaboradores (Jiménez-Ortega, y cols., bajo revisión) encontraron que la presentación previa de párrafos con contenido emocional, modulaba la aparición del componente LAN ante oraciones sintácticamente incorrectas. Hasta donde conocemos, no existe ningún estudio que haya investigado el efecto de la emoción inducida por la música, o emoción musical, sobre la comprensión sintáctica de oraciones. El objetivo de este primer estudio es por tanto, investigar de qué manera la emoción inducida por la música puede afectar la comprensión de oraciones a nivel sintáctico. La emoción se indujo mediante música de fondo, presentada de forma paralela al mensaje lingüístico.

Para la consecución del objetivo de este trabajo, se consideraron los ya mencionados componentes LAN y P600, índices de procesamiento sintáctico (Friederici y cols., 1996; Neville y cols., 1991). En concreto, para investigar los efectos de la emoción musical sobre el lenguaje, tres grupos de fragmentos musicales, previamente clasificados como positivos, negativos y neutros, fueron presentados de forma simultánea a una tarea de detección de errores lingüísticos. Mientras que los participantes realizaban la tarea, se recogía la actividad eléctrica cerebral asociada con los errores sintácticos en la oración (así como la asociada con sus correspondientes elementos correctos en la oración).

Basándonos en la literatura previa y en función de los objetivos propuestos en el capítulo 3, se establecieron una serie de predicciones o hipótesis experimentales de los resultados que se podían encontrar en el estudio I:

- ❖ Predecimos encontrar un efecto principal de corrección. Esto es, es muy probable que se produzcan cambios en el patrón electrofisiológico ante incorrecciones sintácticas: el componente LAN, seguido del componente P600.
- ❖ En relación a la cuestión de interés en este trabajo (¿puede la emoción musical modular la comprensión sintáctica de oraciones?), predecimos que la emoción musical podría reclutar recursos cognitivos o atencionales generales de memoria de trabajo, que son de carácter limitado, lo que provocaría efectos generales negativos en la comprensión sintáctica del lenguaje.
- ❖ De forma contraria, la emoción musical podría aumentar el nivel de alerta y la motivación subjetiva, dirigiendo los recursos cognitivos y atencionales hacia la tarea lingüística, con efectos positivos generales sobre la comprensión sintáctica.
- ❖ También, puede que debido a la naturaleza algorítmica y encapsulada del sistema sintáctico, ni la emoción musical positiva, ni la emoción musical negativa, afecten significativamente a la comprensión sintáctica.
- ❖ Alternativamente, se podría esperar que la emoción musical positiva aumente las estrategias cognitivas heurísticas, mientras que la emoción musical negativa aumente las estrategias cognitivas algorítmicas. De esta forma, la emoción musical negativa facilitaría la comprensión sintáctica, mientras que la emoción musical positiva no afectaría, o incluso pudiera interferir, el procesamiento sintáctico de la información.

Con el objetivo de comprobar estas hipótesis experimentales, se llevó a cabo el trabajo de investigación que a continuación se presenta.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Participantes

Un total de 24 nativos españoles tomaron parte en el estudio I. Dos de los 24 participantes fueron excluidos de la muestra debido al elevado número de segmentos rechazados en algunas condiciones mediante el análisis de datos<sup>1</sup>. Un tercer participante tuvo que ser también excluido, ya que los resultados observados iban sistemáticamente en dirección contraria a los resultados del grupo. Así, en el estudio I se incluyeron un total de 21 participantes, 6 hombres y 15 mujeres, con un rango de edad entre 18 y 40 años, media de edad 23,61 años. Todos los participantes eran diestros, con una puntuación media de 78.1% en el Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971).

Los participantes tenían una visión normal o corregida. Ninguno era músico de profesión, ni habían recibido formación musical previa. El estudio fue realizado siguiendo las pautas establecidas en la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité de Ética del Centro para la Evolución y Comportamiento Humanos, UCM-ISCIH, Madrid, España. Los participantes dieron su consentimiento informado de forma previa a la realización del experimento y se les pagó por su participación en el estudio.

### 4.2.2 Estímulos

El material experimental empleado en el estudio I estaba formado, por una parte, por el material lingüístico constituido por 240 oraciones experimentales y 120 oraciones de relleno o “fillers”, y por otra parte, por 42 fragmentos musicales (todo el material empleado en el estudio se incluye en los Anexos I, II y IV). A continuación, explicaremos las características principales del material experimental y el procedimiento seguido para la construcción de dichos materiales.

---

<sup>1</sup> Según lo descrito en el capítulo 2, es necesario un número mínimo de segmentos por participante y condición para que la proporción señal/ruido de la señal electroencefalográfica sea la adecuada, garantizando así la fiabilidad de los datos.

En referencia al material lingüístico (Tabla 2), todas las oraciones experimentales empleadas eran oraciones simples de cinco palabras con la siguiente estructura: [Determinante]-[Nombre]-[Adjetivo]-[Verbo]. De las 240 oraciones experimentales, 120 oraciones eran oraciones correctas y 120 oraciones tenían una incorrección sintáctica. Estas oraciones se construyeron de la siguiente forma. A partir de cada una de las oraciones correctas, se creó una versión sintácticamente incorrecta, cambiando el género o el número del adjetivo, de forma que se establecía una incongruencia entre dicho adjetivo y el sustantivo al que acompañaba. Así, de la oración correcta “La chica rubia camina.”, su versión sintácticamente incorrecta fue “La chica rubias camina.”. Tanto en las oraciones correctas como en las incorrectas la palabra clave o el adjetivo era equivalente en cuanto a su longitud (medida en número de sílabas) y a su frecuencia de uso (21 por millón, de acuerdo con el Léxico Informatizado del Español, LESEP (Sebastián, Cuetos, Martí, y Carreiras, 2000)).

En cuanto a los 120 “fillers”, éstos tenían una estructura similar a las oraciones experimentales, pero en la mitad de los casos se omitía el adjetivo (“fillers” cortos de tres palabras), y en la otra mitad se añadía un complemento al final de la oración (“fillers” largos de cinco palabras). En estos dos grupos de “fillers”, la mitad eran oraciones correctas, y la otra mitad eran oraciones incorrectas. En las oraciones incorrectas, la incorrección tenía lugar entre el verbo y la palabra precedente. Además, la mitad de estas incorrecciones eran de tipo sintáctico (p.o. “La cocinera guisan.”), y la otra mitad eran de tipo semántico (p.o. “Los huesos parpadean.”). Los “fillers” se emplearon en el estudio I por dos motivos principales. Primero, para reducir las expectativas de los participantes en relación al momento en el que se produce la incorrección en la oración, y segundo, para evitar que se pueda predecir el tipo de incorrección, sintáctica o semántica, evitando así los posibles efectos de aprendizaje y/o habituación que sesgarían los resultados.

Tipo de oración	Número de palabras	Correctas	Sintácticamente incorrectas
Oraciones experimentales.	4	La fiesta divertida empieza. La nieve blanca cuaja. El obrero cansado reposa. Las naves espaciales despegan.	La fiesta <u>divertidas</u> empieza. La nieve <u>blancas</u> cuaja. El obrero <u>cansada</u> reposa. Las naves <u>espacial</u> despegan.
“Fillers” cortos.	3	El corazón late. La doncella trabaja. El humo empaña. El acusado testifica.	El juzgado <u>dictaminan</u> . La escritora <u>publican</u> . Las agujas <u>pinchaba</u> . La tijera <u>cortan</u> .
“Fillers” largos.	5	El periódico semanal anuncia catástrofes. Las botas marrones hacen rozaduras. El productor catalán rueda documentales. El vendedor ambulante paga impuestos.	Los vasos transparentes <u>contiene</u> zumo. Los jugadores vengativos <u>simula</u> faltas. El mago caprichoso <u>llevar</u> gorro. El viento peligroso <u>destrozan</u> toldos.

**Tabla 2:** Ejemplos de las oraciones empleadas en el estudio I. Se presentan oraciones experimentales, “fillers” cortos y “fillers” largos, en sus versiones correctas e incorrectas. En las oraciones incorrectas, la palabra que no encaja en la estructura de la oración está subrayada, resaltándose la incorrección en negrita.

Todas las palabras que formaban las oraciones experimentales y los “fillers” estaban constituidas por dos, tres o cuatro sílabas. Todas las características físicas de los estímulos visuales, como luminosidad y contraste, fueron controladas. Además, todas las oraciones se presentaron en color blanco sobre un fondo negro en un monitor LCD mediante el programa de presentación de estímulos Presentation®. El monitor estaba situado a una distancia de 65 cm con respecto a la cara de los participantes. A esa distancia, las palabras estaban situadas en un ángulo visual vertical de entre 0.7° y 1.3°, y en un ángulo horizontal de entre 1.1° y 6°.

El material musical empleado para realizar el estudio I consistía en un conjunto de 42 fragmentos musicales que fueron contruidos de la siguiente manera. En primer lugar, un grupo de 84 bandas sonoras de películas en su versión instrumental fueron seleccionadas de una base de datos gratuita en Internet. Este tipo de materiales fue elegido debido a su gran valor ecológico y a su gran poder para generar estados emocionales o afectivos (Boltz, 2004). Una lista completa de las músicas presentadas se incluye en el Anexo V.

Treinta y ocho participantes, diferentes a los que tomaron parte en el estudio I o en el estudio II, evaluaron el contenido afectivo o contenido emocional de los pasajes musicales. En concreto, a estos participantes se les pidió que indicaran como se sentían cuando se les presentaba cada uno de los pasajes musicales. La herramienta empleada para la evaluación del contenido afectivo de estos pasajes musicales fue una escala de emocionalidad de tipo Likert de 5 puntos, con valores comprendidos entre el 1, “muy negativo”, y el 5, “muy positivo” (Anexo VI). Mediante el empleo de esta escala de puntuaciones afectivas, la dimensión de activación se evaluó junto con la dimensión de valencia emocional, ya que aunque existen evidencias que indican que estas dos dimensiones están teórica y anatómicamente separadas (Bradley y Lang, 1994; Koelsch, 2010), no existe una razón clara para esperar una disociación entre ellas en los estímulos musicales. Como vimos en el capítulo 2, la simple presentación de material musical provoca una activación general en el individuo, que tiene lugar cualquiera que sea la valencia del estímulo musical (Juslin y Västfjäll, 2008). Por otra parte, se ha demostrado en la literatura cómo la dimensión de valencia es la que tiene mayores efectos sobre los resultados observados, mientras que el peso de los efectos de la dimensión de activación es ciertamente menor (Kousta, Vigliocco, Vinson, Andrews y Del Campo, 2011). De esta forma, en función de las puntuaciones obtenidas se eligieron una serie de pasajes musicales, clasificándolos en 3 grupos significativamente diferentes ( $F(2,74) = 3.25$ ,  $p = .43$ ): 15 pasajes positivos (con puntuaciones en la escala de emocionalidad de entre 4 y 4.8), 15 pasajes negativos (con puntuaciones entre 1 y 2.25), y 15 pasajes denominados neutros (con puntuaciones entre 3 y 3.75).

En segundo lugar, a partir de los pasajes musicales evaluados y seleccionados previamente, se eligieron fragmentos musicales representativos de 66 segundos de duración cada uno. Todos los fragmentos fueron igualados al mismo nivel de intensidad promedio (84

dB) usando el editor de sonidos Cool Edit Pro®. Se analizaron los principales parámetros musicales de tiempo y modo en cada uno de los fragmentos mediante Matlab Mirtoolbox (Lartillot, Toiviainen, y Eerola, 2008), y éstos fueron comparados entre los fragmentos positivos, los fragmentos neutros y los fragmentos negativos, no encontrándose diferencias significativas entre los tres grupos en ninguno de los dos parámetros musicales (tiempo:  $F(2,26) = 2.16$ ,  $p = .14$ ; modo:  $F(2,26) = .99$ ,  $p = .38$ ). Los fragmentos musicales fueron presentados en tres grupos, positivos, neutros y negativos. Dentro de cada grupo, los fragmentos se presentaban uno detrás de otro, suavizando los saltos entre ellos, mediante altavoces localizados a 65 cm en frente de los participantes. La intensidad de sonido entre sesiones experimentales fue exactamente la misma, siendo la adecuada para que los participantes percibieran los fragmentos musicales de forma clara y cómoda.

Además, los participantes que tomaron parte en el estudio I evaluaron el contenido emocional y la familiaridad de los pasajes musicales empleados. El contenido emocional se evaluó empleando la misma escala de emocionalidad descrita previamente, con la única diferencia de que esta vez los participantes del estudio evaluaban el contenido emocional de los fragmentos musicales positivos, negativos o neutros como un todo, dándose un sólo valor para cada uno de los tres grupos. Así, los fragmentos musicales clasificados previamente como positivos, fueron evaluados por los participantes del estudio como positivos ( $M = 4.23$ ,  $d.t. = .77$ ), los fragmentos neutros, se percibieron como neutros ( $M = 3.09$ ,  $d.t. = .94$ ), y los fragmentos negativos, fueron también percibidos como negativos para los participantes del estudio I ( $M = 2.14$ ,  $d.t. = 1.10$ ), ( $F(2,40) = 10.06$ ,  $p = .000$ ). La variable familiaridad fue también evaluada por los participantes que llevaron a cabo el estudio I mediante una escala tipo Likert de 5 puntos, en la que los participantes tenían que decidir si los fragmentos musicales positivos, negativos o neutros (evaluados como un conjunto) eran “muy familiar” (5 en la escala Likert) o “nada familiar” (1 en la escala). Los resultados de esta evaluación



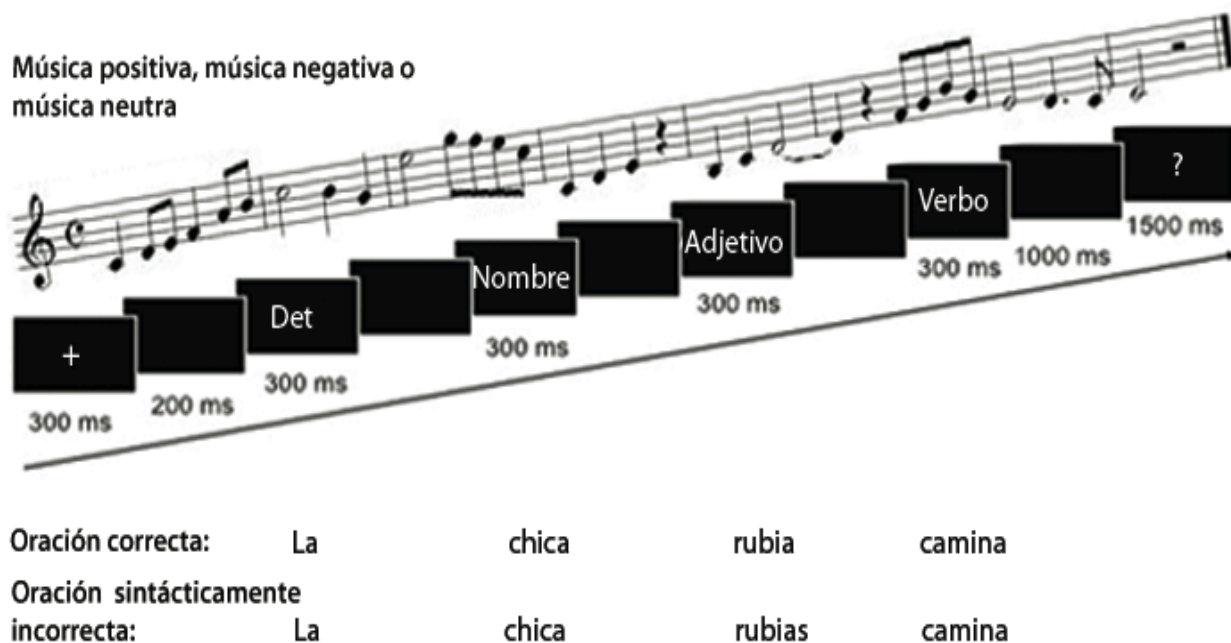
indicaron que, para los participantes del estudio, los fragmentos musicales positivos ( $M = 4.33$ ,  $d.t. = .65$ ), eran significativamente más familiares que los negativos ( $M = 3.09$ ,  $d.t. = 1.31$ ), y sobre todo que los neutros ( $M = 2.20$ ,  $d.t. = .95$ ) ( $F(2,40) = 37.22$ ,  $p = .000$ ). Las hojas de registro empleadas para evaluar la emocionalidad y la familiaridad de los fragmentos musicales empleados están incluidas en el Anexo VI.

#### 4.2.3 Procedimiento

Al inicio de la sesión, los participantes recibieron instrucciones detalladas acerca del funcionamiento de la técnica de los potenciales evento-relacionados y del procedimiento general que se iba a seguir para realizar la recogida de los datos (duración de la sesión experimental, número de pausas a lo largo de la sesión, etc.), dando éstos su consentimiento informado antes de participar en el estudio. Seguidamente, los participantes fueron entrenados en la tarea principal. Se les pidió que hicieran un juicio acerca de la aceptabilidad de las oraciones que iban a ser presentadas. Esto es, que decidieran si las oraciones eran correctas, pulsando un botón con el dedo índice, o incorrectas, pulsando otro botón con el dedo medio. Los participantes debían responder tan pronto como el signo de interrogación que se presentaba tras cada oración apareciera en el centro del monitor. La mano empleada para responder fue contrabalanceada entre participantes. Mientras que los participantes realizaban la tarea principal, se presentaba la música de fondo por los altavoces. El estudio se llevó a cabo en una única sesión, dentro de una cabina insonorizada y aislada eléctricamente. Los participantes se sentaban en una silla cómodamente y a una distancia idónea (65 cm) para que el material presentado fuera percibido correctamente.

El procedimiento de presentación de estímulos fue el siguiente. Las oraciones se presentaban palabra por palabra en el centro del monitor con una duración de 300 ms y un intervalo entre estímulos de 200 ms. Una cruz de fijación (300 ms de duración) era presentada 200 ms antes de cada oración para anunciar su comienzo. Un segundo después de

cada oración, se presentaba un signo de interrogación (1.5 segundos de duración) que iba seguido de un intervalo de 1 segundo hasta que se presentaba la siguiente cruz de fijación. Paralelamente a las oraciones, se presentaban los fragmentos musicales de forma continua. En la figura 9 se puede observar un esquema del paradigma de estimulación empleado en el estudio.



**Figura 9:** Procedimiento experimental seguido para la presentación del material musical y de las oraciones experimentales, así como ejemplos del tipo de oraciones correctas e incorrectas empleadas.

Con el objetivo de controlar la presentación del material experimental evitando repeticiones entre participantes, se crearon 6 bloques. Cada bloque contenía 120 oraciones de relleno, que hacía que el número de oraciones correctas e incorrectas fuera equivalente. Los bloques se dividieron a su vez en tres partes, presentando fragmentos musicales positivos, negativos y neutros en cada una de estas tres partes de forma separada. El orden de presentación de estos tres grupos de fragmentos musicales fue pseudoaleatorizado y contrabalanceado entre sujetos, y las oraciones experimentales y los “fillers” se asignaron aleatoriamente a cada parte. A cada participante se le presentó un único bloque, y la asignación de los participantes a cada bloque fue también contrabalanceado y

pseudoaleatorizado. Al final de cada parte, se permitía a los sujetos una pequeña pausa en la que podían descansar. Durante las pausas, se administró el Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971), así como los cuestionarios para medir emocionalidad y familiaridad de los fragmentos musicales presentados evaluados como un conjunto.

#### **4.2.4 Registros electrofisiológicos**

Para el registro de la actividad cerebral de los participantes, se empleó un gorro elástico (ElectroCap International) con un total de 27 sensores o electrodos de plata-cloruro de plata situados en las siguientes localizaciones: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC3, FC4, T7, C3, Cz, C4, T8, TP7, CP3, CP4, TP8, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2, FT7 y FT8. Estas nomenclaturas se corresponden con las del Sistema Internacional 10/20 revisado (American Electroencephalographic Society, 1991), y los electrodos estaban colocados a una distancia concreta, siguiendo la regulación establecida por dicho sistema. Además, se colocaron dos electrodos de referencia sobre los huesos mastoides izquierdo y derecho. En las figuras 10 y 13, se puede observar una representación gráfica de la localización de estos sensores sobre el cuero cabelludo.

Durante el registro, la señal eléctrica registrada por los electrodos situados en el cuero cabelludo se referenció a la señal recogida por el sensor colocado en el hueso mastoides izquierdo. También se colocaron cuatro electrodos oculares, arriba y abajo del ojo izquierdo, y otros dos a ambos lados de las cuencas de los ojos. La actividad electrooculográfica recogida mediante este montaje bipolar se registró para el control de los movimientos oculares verticales y horizontales, así como para el registro de la actividad correspondiente a los parpadeos. Como veremos a continuación, el registro de esta actividad electrooculográfica es fundamental para el análisis de los datos.

Para el registro de la señal eléctrica se empleó el programa “Brain Vision Recorder®”. Las impedancias de los electrodos se mantuvieron por debajo de los 3 Kohm

durante todo el registro. La señal eléctrica fue amplificada y recogida de manera continua con un filtro de paso de banda que permitía el registro de frecuencias por encima de 0.01 Hz y por debajo de 40 Hz, y la tasa de muestreo fue de 250 Hz.

#### **4.2.5 Análisis de datos**

##### *Datos conductuales*

Como se ha comentado en el apartado anterior, en el experimento se les pedía a los participantes que emitieran un juicio de valor acerca de la corrección de las oraciones presentadas pulsando un botón. Estas respuestas conductuales fueron registradas con el objetivo de analizar el tiempo de reacción (tiempo transcurrido desde la presentación del signo de interrogación hasta la respuesta del participante) y el nivel de acierto en la respuesta (oraciones correctas que los participantes juzgaron como correctas, y oraciones incorrectas que se juzgaron como tales). Según la literatura, estas medidas conductuales son relevantes para una buena interpretación de los datos electrofisiológicos (Olofsson y cols, 2008).

##### *Datos electrofisiológicos*

El procedimiento seguido para analizar la señal electrofisiológica fue el siguiente. En primer lugar, se aplicó un filtro de banda baja de 30 Hz. A continuación, la señal electrofisiológica continua se dividió en épocas de 1500 ms de duración, empezando 200 ms antes del adjetivo y terminando 1300 ms después. Esta división se realizó teniendo únicamente en cuenta los adjetivos correspondientes a aquellas oraciones que el participante había respondido correctamente. Tras dividir el continuo en épocas, se efectuó un ajuste de línea de base, definida en el intervalo comprendido entre los 200 ms previos al adjetivo, y el momento de su presentación (de -200 a 0 ms). Posteriormente, se llevó a cabo el rechazo de artefactos y de movimientos oculares. Primero, de forma automática mediante la corrección de las épocas en las que la actividad eléctrica sobrepasaba los +/-100 microvoltios en algún punto, y después mediante una inspección visual de la señal, con el objetivo de detectar

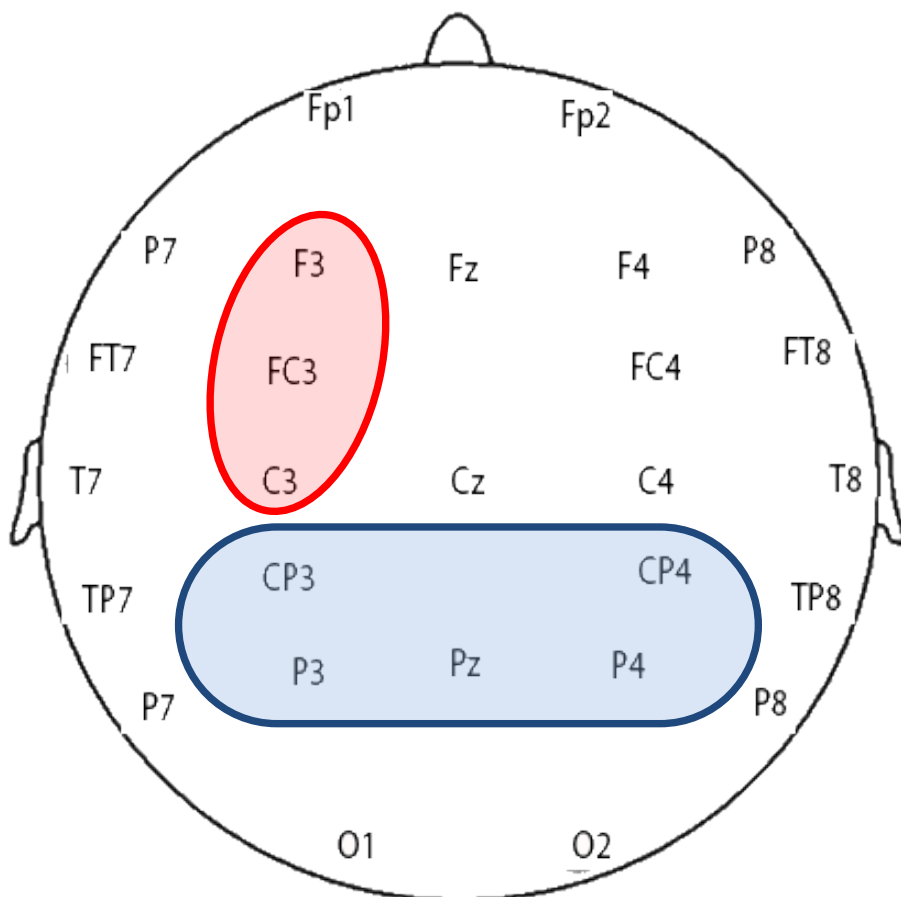
aquellas posibles épocas en las que la corrección automática de artefactos no hubiera sido efectiva.

Seguidamente, las épocas restantes se volvieron a referenciar, usando como nueva referencia el promedio de la señal recogida por los sensores colocados en los dos huesos mastoides (referencia de mastoides unidos). Tras esta operación, se calcularon los promedios de la actividad ligada a los adjetivos correctos e incorrectos, en función de los tres tipos de fragmentos musicales (positivos, neutros, negativos), obteniéndose un total de 6 promedios, uno para cada condición, aplicándoles a continuación una corrección de línea base. Como último paso en los análisis, para cada una de las 6 condiciones, se calculó la actividad promedio de los 21 participantes en el estudio, aplicando también la corrección de línea base a continuación. Así, el promedio total de segmentos incluidos fue de 82.83%. En concreto, se incluyó un 79.73% de oraciones correctas y un 83.05% de oraciones incorrectas presentadas con música positiva, un 80.37% de oraciones correctas y un 84.75% de oraciones incorrectas presentadas con música negativa, y un 83.28% de oraciones correctas y un 85.37% de oraciones incorrectas presentadas con música neutra.

Basándonos en estudios previos y en una rigurosa inspección visual de los datos, se calcularon las medias de los voltajes para dos ventanas de tiempo concretas. Estas ventanas de tiempo están relacionadas con los componentes sintácticos de los ERPs y estaban comprendidas entre 380 y 430 ms después de la presentación del estímulo crítico (adjetivo), para el componente LAN, y entre 720 y 850 ms después de la presentación del adjetivo, para el componente P600.

Para estudiar las diferencias de voltaje medio entre condiciones, se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA), usando siempre la corrección de los grados de libertad, mediante el procedimiento de Greenhouse-Geisser para la no esfericidad de la varianza (1958). Con el objetivo de evitar una posible pérdida de potencia estadística debido al elevado número de

sensores, se definieron regiones de interés (o ROI, del inglés “región of interest”) para cada uno de los componentes de los ERPs (Figura 10)



**Figura 10:** Representación gráfica de los 27 electrodos cefálicos empleados para el estudio, así como las regiones de interés elegidas para el análisis de los componentes LAN (rojo) y P600 (azul).

### 4.3 Resultados

#### 4.3.1 Datos conductuales

El porcentaje de aciertos en el estudio I fue notablemente elevado. Se obtuvo un 93.69% de aciertos cuando las oraciones se presentaron de forma simultánea a la música positiva, un 94.14% ante música neutra, y un 93.77% de aciertos ante música negativa. No se observaron diferencias significativas entre las 3 condiciones ( $F(2,40) = .286, p = .75$ ).

En la misma línea, no hubo diferencias significativas en cuanto a la variable tiempo de reacción ( $F(2,40) = .44, p = .64$ ). El tiempo medio de reacción para cada condición fue el

siguiente: música positiva:  $M = 493.04$  ms ( $d.t. = 120.54$ ), música neutra:  $M = 506.26$  ms, ( $d.t. = 111.29$ ), música negativa:  $M = 489.62$  ms, ( $d.t. = 107.15$ ).

#### 4.3.2 Datos electrofisiológicos

##### Lenguaje

###### *Componente LAN (380-430 ms)*

Se observó un incremento de amplitud del componente LAN entre 380 y 430 ms con una distribución anterior izquierda tras la presentación de adjetivos sintácticamente incongruentes con el sustantivo al que acompañaban en la oración, en comparación con la respuesta electroencefalográfica ligada a los adjetivos sintácticamente congruentes con dicho sustantivo (Figura 11). Este resultado fue estadísticamente apoyado por un efecto principal del factor corrección en la ROI seleccionada para el análisis ( $F_3, Fc_3, C_3$ ) ( $F(1,21) = 38.10, p = .000$ ), como indica el ANOVA realizado (Tabla 3).

###### *Componente P600 (700-850 ms)*

Tras la presentación de los adjetivos sintácticamente incongruentes con el sustantivo, se observó un incremento del componente P600 con una distribución parietal, entre 700 y 850 ms. Este incremento de actividad no fue observado cuando los adjetivos eran sintácticamente congruentes con el sustantivo al que acompañaban. Dicho efecto fue apoyado por el análisis estadístico ANOVA para la ROI seleccionada ( $CP_3, CP_4, P_3, P_z, P_4$ ), resultando significativo el factor corrección, solo, y en interacción con el factor región de interés ( $F(1,20) = 59.53, p = .000$ , y  $F(4,80) = 9.01, p = .001$ , respectivamente) (Tabla 3).

##### Emoción musical

###### *Ventana de tiempo entre 380 y 430 ms*

No se ha observado una modulación significativa de las respuesta cerebral asociada al adjetivo (correcto o incorrecto) de la oración como efecto de la música en la ventana de

tiempo entre 380 y 430 ms en la ROI seleccionada para el análisis ( $F_3$ ,  $Fc_3$ ,  $C_3$ ) ( $F(2,41) = .76, p = .47$ ) (Tabla 3).

*Ventana de tiempo entre 700 y 850 ms*

De la misma forma, no hay evidencias significativas de la modulación de los ERPs ligados a los adjetivos correctos e incorrectos como efecto de la emoción musical entre 700 y 850 ms ( $F(2,40) = .99, p = .37$ ), para la ROI seleccionada ( $CP_3$ ,  $CP_4$ ,  $P_3$ ,  $Pz$ ,  $P_4$ ) (Tabla 3).

**Interacción entre lenguaje y emoción musical**

*Componente LAN y emoción musical*

Los resultados demuestran que existe una interacción significativa entre el factor emoción musical y el factor corrección en la ROI seleccionada ( $F_3$ ,  $Fc_3$ ,  $C_3$ ). Como se puede observar en la figura 11 hay una clara reducción del componente LAN cuando las oraciones se presentan acompañadas por música evaluada como positiva o como negativa, en comparación a cuando se presentan acompañadas de música neutra. Los análisis estadísticos realizados en la ventana de tiempo entre 380 y 430 ms tras la presentación del adjetivo apoyan estos resultados ( $F(2,40) = 3.94, p = .032$ ) (Tabla 3). A la vista de estos resultados, se procedió a la realización de un análisis post-hoc en el electrodo  $F_3$ , donde el efecto de la emoción musical sobre el lenguaje era más evidente. Así, se aplicó un análisis t de Student para muestras independientes (realizados sobre la diferencia entre adjetivos correctos y adjetivos incorrectos), que revelaron la existencia de diferencias significativas entre el efecto de la emoción musical positiva y el efecto de la música evaluada como neutra sobre el componente LAN ( $t(40) = 2.31, p = .02$ ), así como una tendencia a la significación al comparar el efecto de la emoción musical negativa y el efecto de la música neutra ( $t(40) = 1.89, p = .06$ ). Sin embargo, este análisis no muestra diferencias entre el efecto de la emoción musical positiva y negativa sobre el componente LAN ( $t(40) = .52, p = .60$ ) (Figura 12)

*Componente P600 y emoción musical*



De forma contraria, no se observaron cambios en el componente P600 como efecto de la emoción musical. Así, como se observa en la tabla 3 no hay evidencias estadísticas de la interacción entre el factor emoción musical y el factor corrección en la ventana de tiempo del componente P600, entre 700 y 850 ms tras la presentación del adjetivo en la ROI seleccionada (CP3, CP4, P3, Pz, P4) ( $F(1,40) = .53$ ,  $p = .57$ ) (Figura 11).

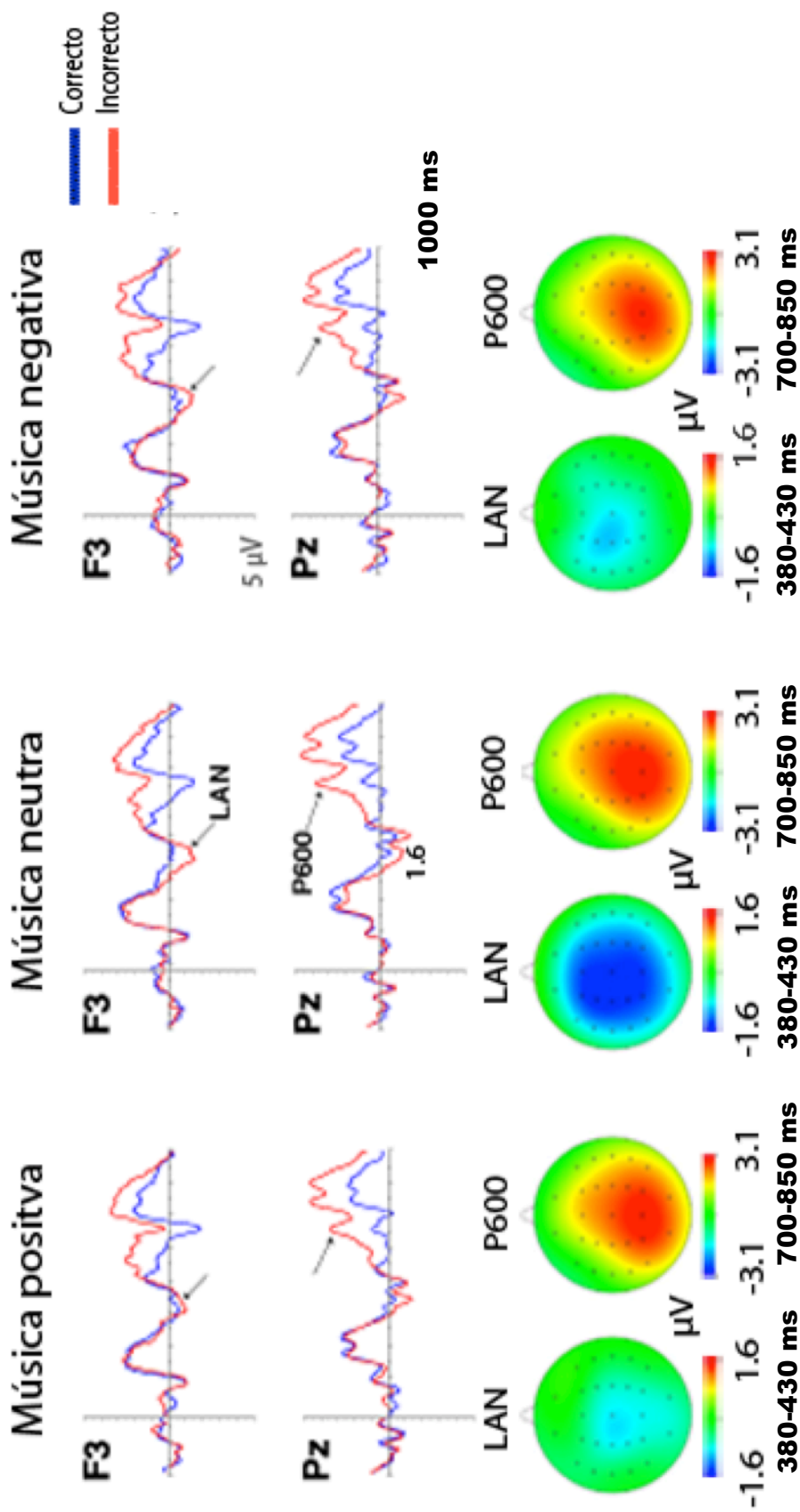
	380 – 430 ms		700 – 850 ms	
FACTOR	F	g.l.	F	g.l.
ROI	1.15	2,40	9.96**	4,80
Corrección	19.43***	1,20	59.53***	1,20
Emoción musical	1.45	2,40	0.99	2,40
ROI X Corrección	2.28	2,40	9.01**	4,80
ROI X Emoción musical	0.80	4,80	0.36	8,160
Corrección X Emoción musical	3.94*	2,40	0.53	2,40
ROI X Corrección X Emoción musical	1.17	4,80	0.46	8,160

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

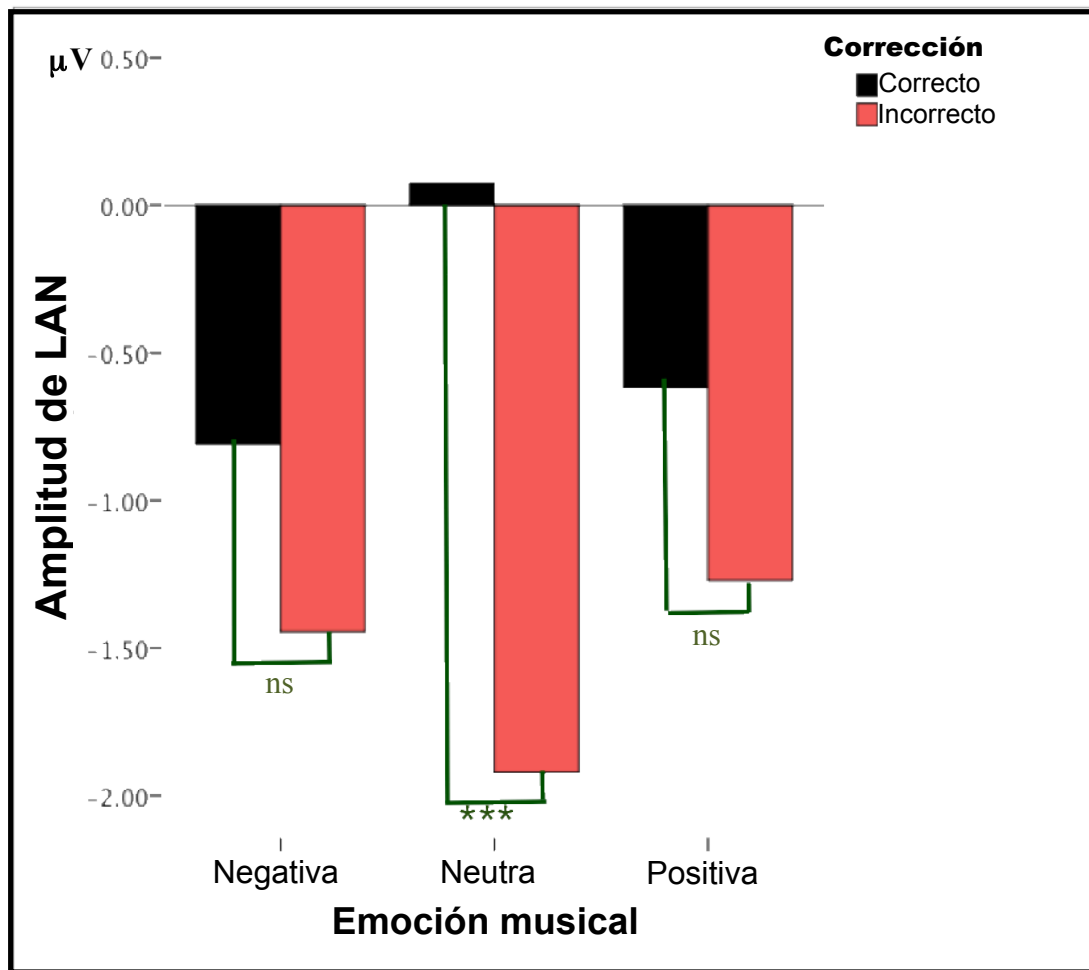
**Tabla 3:** Representación de los valores obtenidos para cada factor, ROI, grado de corrección sintáctica y emoción musical, así como para la interacción entre factores, obtenidos a partir del análisis estadístico ANOVA. Éste fue realizado sobre las medias de los valores de voltaje de las ROIs correspondientes a los componentes de interés (LAN: F3, Fc3, C3, y P600: CP3, CP4, P3, Pz, P4), y en las ventanas de tiempo especificadas, 380-430 ms. para el componente LAN, y 700-840 ms para el componente P600.

#### 4.4 Discusión

El objetivo principal del estudio I era investigar si, y de qué forma, las emociones inducidas por la música podían tener un efecto en una tarea de comprensión sintáctica del lenguaje, cuando dicha música se presentaba de forma simultánea a la tarea principal. Esta



**Figura 11:** Arriba: patrón de respuesta electroencefalográfica correspondiente a los adjetivos correctos e incorrectos en interacción con la música positiva, negativa y neutra en los electrodos seleccionados. Abajo: mapas de las diferencias entre adjetivos sintácticamente incorrectos menos la respuesta ante adjetivos correctos en interacción con la música positiva, negativa y neutra en las ventanas de tiempo de interés (LAN: 380-430 ms, P600: 700-850 ms).



\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , n.s.  $p > 0.05$

**Figura 12:** Efectos de la emoción musical sobre el componente LAN. Representación de las diferencias de amplitud registradas en el electrodo F3 para los adjetivos correctos (negro) e incorrectos (rojo) ante los tres tipos de música, negativa, neutra y positiva.

tarea consistía en evaluar si las oraciones presentadas eran correctas o sintácticamente incorrectas.

El resultado principal de este trabajo indica que la emoción musical, tanto la emoción positiva como la emoción negativa, parece tener un efecto en la comprensión de la información sintáctica en las primeras etapas de procesamiento, como así se observa en la reducción de la amplitud del componente evento-relacionado LAN. Los análisis post-hoc indican que, aunque los efectos sobre el lenguaje se observan tanto para la emoción musical positiva como para la negativa, parece que la emoción musical positiva tiende a afectar en

mayor medida que la emoción musical negativa. Por tanto, hasta donde conocemos, este es el primer estudio que demuestra cómo la emoción musical parece afectar la comprensión sintáctica del lenguaje a tiempo real, como así lo demuestran los presentes datos. Además, este resultado también estaría indicando el éxito que ha tenido el paradigma empleado para inducir emociones bajo las condiciones experimentales dadas.

De forma general, el procesamiento sintáctico ha sido definido como automático y encapsulado, en comparación con la naturaleza abierta y heurística del procesamiento semántico (Hauser y cols., 2002; Ullman, 2001,2004). Sin embargo, y a diferencia de las propuestas tradicionales, nuestros datos van en contra de la naturaleza encapsulada del procesamiento sintáctico, indicando que éste puede ser afectado por información externa, como así se ha demostrado en varios estudios recientes (Grodner, Gibson y Watson, 2005; Jiménez-Ortega y cols., bajo revisión).

El efecto general de la emoción musical sobre la comprensión sintáctica que observamos en los presentes datos podría reflejar un efecto de facilitación de la emoción musical sobre el lenguaje. Es decir, parece razonable pensar que la emoción musical ha podido elevar el nivel de activación general, motivando a los participantes a concentrar sus recursos atencionales y cognitivos sobre la tarea lingüística principal, de forma similar a lo observado en otros trabajos (Blanchette y Richards, 2010; Derakshan y Eysenk, 2010). En contraposición a esta propuesta, puede que la reducción de amplitud que observamos en el componente LAN refleje un efecto negativo de la emoción musical sobre el lenguaje. Esto es, es posible que la música haya reclutado recursos cognitivos y de memoria de trabajo (Patel, 2008; Blanchette y Richards, 2010), quedando un menor número de recursos disponibles para el procesamiento de la información lingüística, lo que revertiría en un detrimento de la comprensión a nivel sintáctico. Lamentablemente, nuestros datos conductuales no nos ayudan a decidir entre estas dos hipótesis. En esta línea, estudios previos han sugerido que la

reducción de amplitud en los ERPs lingüísticos tras la inducción de un estado emocional inducido estaría reflejando un efecto facilitador sobre el lenguaje. Sin embargo, estos estudios no aportan tampoco evidencias significativas a nivel conductual (Federmeier y cols., 2001; Vissers y cols., 2010). Este resultado será discutido extensamente en el capítulo 6.

Por el contrario, no se observaron efectos de la emoción musical sobre el componente P600, sugiriendo una ausencia del efecto de la emoción musical en etapas tardías del procesamiento de la información lingüística. Este resultado no coincide con lo encontrado por Vissers y colaboradores (2010). Estos autores demostraron como la emoción positiva inducida aumentaba la amplitud del componente P600 ante incorrecciones sintácticas. Existen dos diferencias principales entre el presente estudio y el estudio de Vissers y colaboradores (2010) que podrían explicar la divergencia entre resultados. Por una parte, Vissers y colaboradores (2010) utilizaron películas para inducir el estado de ánimo, en contraposición a los fragmentos musicales empleados en el presente trabajo. Además, las películas fueron presentadas de forma previa a la realización de la tarea lingüística, a diferencia de la presentación simultánea del material emocional empleado en este estudio.

Por otra parte, parece que la emoción musical no afecta a la comprensión sintáctica a nivel de resultados conductuales, ni a la variable porcentaje de aciertos, ni a la variable tiempo de reacción. Esta ausencia de efectos de la emoción musical sobre la conducta quizás se deba a un enmascaramiento de dichos efectos debido al tipo de paradigma experimental empleado en el presente trabajo<sup>2</sup> (paradigma típicamente empleado en los estudios de comprensión de oraciones lingüísticas). Alternativamente, observando el elevado porcentaje de aciertos, parece razonable pensar que el nivel de dificultad de la tarea haya sido muy bajo, y que se haya producido un efecto techo en los resultados, enmascarando los posibles efectos

---

<sup>2</sup> Como vimos en el capítulo 2, las exigencias metodológicas de la técnica de los ERPs aplicada a la comprensión del lenguaje, requiere la existencia de cierto intervalo temporal entre la palabra objeto de estudio y el momento de respuesta (p.o Kutas y Van Petten, 1994).

de la emoción musical sobre la conducta. En cualquier caso, los resultados encontrados en la literatura acerca del efecto de la emoción sobre la comprensión del lenguaje a nivel conductual son escasos y ciertamente inconsistentes, lo que dificulta la interpretación de los datos obtenidos en el presente trabajo (p.o. Federmeier y cols, 2001; Jiménez-Ortega y cols., bajo revisión).

Añadir que, parece que los resultados observados en este trabajo no pueden ser atribuidos al solapamiento entre música y el lenguaje a nivel sintáctico (Patel, 2008). La reducción del componente LAN se ha producido exclusivamente ante la música positiva y negativa, sin embargo, los tres tipos de música tienen una estructura sintáctica, que además no difiere en los parámetros de tiempo y modo.

Por tanto, a la vista de los resultados encontrados en el presente estudio, parece que la emoción modulada por la música es capaz de afectar a la comprensión sintáctica de oraciones en etapas tempranas, como así se refleja en una reducción significativa en la amplitud del componente LAN. Estos datos van en contra del tradicional concepto de procesamiento sintáctico como sistema encapsulado, apuntando que quizás éste no sea tan cerrado como se pensaba en un principio. Estas cuestiones serán ampliamente tratadas en la discusión general, comparando además estos resultados con los obtenidos en el estudio II.

**CAPÍTULO 5****ESTUDIO II:****EFECTOS DE LA EMOCIÓN MUSICAL****SOBRE LA COMPRENSIÓN SEMÁNTICA DE ORACIONES****5.1 Introducción**

Como comentábamos previamente, en muy diversas ocasiones los mensajes lingüísticos a los que estamos expuestos en nuestra vida diaria suelen ir acompañados de música de fondo. Por tanto, existe la posibilidad de que haya una influencia de la música sobre el lenguaje, como así hemos observado en el estudio I. Así mediante este segundo trabajo se pretende averiguar si la música, además de modular la comprensión sintáctica de oraciones, afecta también a la comprensión del lenguaje a nivel semántico, cuando esta música se presenta en paralelo al material lingüístico.

Por una parte, puede ser que se produzca un efecto de la música sobre el lenguaje debido al solapamiento estructural, y especialmente, funcional, entre ambos dominios a nivel semántico (Steinbeis y Koelsch, 2008b; Hoch, y cols., 2011). Por otra parte, y al igual que se proponía en el estudio I, es posible que la música afecte a la comprensión de oraciones a nivel semántico, gracias a su gran poder para generar emociones. Como se ha mencionado, existe un gran número de evidencias que indican que la emoción inducida puede provocar efectos sobre otras funciones cognitivas (Mitchell y Phillips, 2007; Martín-Loeches, y cols., 2009; Blanchette y Richards, 2010; Vissers, y cols., 2010), siendo varias las explicaciones ofrecidas por los autores para dar cuenta de dichos efectos (p.o. Blanchette y Richards, 2010; Derakshan y Eysenck, 2010).

Haciendo un repaso a la literatura, podemos afirmar que son escasos los trabajos que han estudiado el efecto de la emoción inducida sobre la comprensión de oraciones a nivel

semántico. Por ejemplo, Federmeier y colaboradores (Federmeier y cols., 2001) observaron una modulación del componente N400 tras la presentación de imágenes positivas, y Moreno y Vázquez (2011) observaron dicha modulación, incluso cuando la emoción estaba contenida en el contexto de la oración. Hasta donde sabemos, no hay ningún trabajo que haya estudiado el efecto de la emoción inducida por la música, o emoción musical, sobre la comprensión semántica de oraciones. El objetivo de este segundo estudio es por tanto, investigar de qué manera la emoción inducida por la música puede afectar la comprensión de oraciones a nivel semántico. La emoción se indujo mediante música de fondo, presentada de forma paralela al mensaje lingüístico.

Para lograr el objetivo de este estudio, se consideraron los ya mencionados ERPs N400 y P600, índices de procesamiento semántico (Kutas y Besson, 1999; Kuperberg, 2007). Concretamente, para estudiar los efectos de la emoción musical sobre el lenguaje semántico, tres grupos de fragmentos musicales, previamente clasificados como positivos, negativos y neutros (los mismos que los empleados en el estudio I), fueron presentados de forma simultánea a una tarea de detección de errores lingüísticos. Mientras que los participantes realizaban la tarea, se recogía la actividad eléctrica cerebral asociada con los errores semánticos (así como la asociada con sus correspondientes elementos correctos en la oración).

A continuación se presentan las predicciones sobre los resultados que se esperaban encontrar en el estudio II. Estas predicciones están realizadas en base a los objetivos antes señalados en el capítulo 3, y fueron redactadas considerando las propuestas teóricas descritas en la introducción:

- ❖ Como se ha demostrado extensamente en trabajos previos, predecimos que las incorrecciones semánticas irán asociadas a cambios en el patrón electrofisiológico de respuesta, observándose los componentes denominados N400 y P600.



- ❖ En cuanto a los posibles efectos de la emoción musical sobre la comprensión semántica, se puede predecir que la emoción musical puede afectar de modo general a la comprensión semántica. En concreto, puede que la emoción musical consuma recursos cognitivos o atencionales de memoria de trabajo, afectando de forma negativa al procesamiento del lenguaje por falta de dichos recursos cognitivos.
- ❖ Por el contrario, también existe la posibilidad de que la emoción musical aumente el nivel de alerta y la motivación en el individuo. Esto provocaría que los recursos cognitivos se orienten a la tarea principal, aumentando el rendimiento en dicha tarea.
- ❖ Una tercera posibilidad sería que, considerando la naturaleza abierta y heurística de la vía semántica, la emoción musical tanto positiva como negativa pueda afectar de algún modo a la comprensión de la información en dicha vía.
- ❖ Alternativamente, podría esperarse que la emoción musical positiva promoviese el uso de estrategias heurísticas de procesamiento, facilitando así en algún sentido el procesamiento de la información semántica, mientras que la emoción musical negativa no tuviera efectos, o tuviera efectos negativos, sobre la comprensión semántica.

Para contrastar estas hipótesis experimentales con datos empíricos, se llevo a cabo el trabajo de investigación que a continuación se describe.

## **5.2 Métodos**

### **5.2.1 Participantes**

En el estudio II participaron un grupo de 24 nativos españoles. De forma similar a lo sucedido en el estudio I, 3 de los 24 participantes tuvieron que ser excluidos de la muestra experimental debido al elevado número de segmentos rechazados por condición. Así, el número final de participantes incluidos en el estudio fue de 21. El grupo estaba formado por 4 hombres y 17 mujeres, cuyas edades estaban comprendidas entre los 18 y los 30 años, media

de edad de 21.61 años. Todos los participantes del estudio II eran diestros, y su puntuación media en el Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971) era de 75.48%.

Al igual que en el estudio I, todos los participantes tenían una visión normal o corregida, no habían recibido formación musical previa y no tenían experiencia profesional como músicos. Así también, el estudio II se realizó siguiendo las normas establecidas en la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité de Ética del Centro para la Evolución y Comportamiento Humanos, UCM-ISCIII, Madrid, España. Antes de realizar el experimento, los participantes dieron su consentimiento informado, siendo recompensados económicamente por su participación al final del experimento.

Destacar que los participantes que realizaron el estudio II no diferían significativamente ni en edad ni en índice de lateralidad de los participantes que realizaron el estudio I (rango de edad:  $t(40) = 1.88$ ,  $p = .067$  ; índice de lateralidad:  $t(40) = .44$ ,  $p = .65$ )).

### **5.2.2 Estímulos**

De forma similar al estudio I, el material experimental empleado en el estudio II estaba formado, por una parte, por el material lingüístico constituido por 240 oraciones experimentales (120 correctas y 120 semánticamente incorrectas) y 120 oraciones de relleno o “fillers”, y por otra parte, por 42 fragmentos musicales.

Todas las oraciones experimentales estaban constituidas por cinco elementos: [Determinante]-[Nombre]-[Adjetivo]-[Verbo]. Las oraciones experimentales correctas fueron las mismas que las empleadas en el estudio I. Un grupo de treinta participantes (diferente al que tomó parte en el estudio II) evaluó la probabilidad de cierre de los adjetivos en dichas oraciones correctas, obteniendo un valor medio de 14.07%. A partir de las oraciones correctas (p.o. “La niña guapa baila.”), se crearon versiones semánticamente incorrectas, haciendo combinaciones inadecuadas entre los nombres y los adjetivos de la oración (p.o. “La niña redonda baila.”). Así, el valor de la probabilidad de cierre de los adjetivos en dichas

oraciones era 0. La palabra clave, el adjetivo, de las oraciones correctas y de las oraciones incorrectas era equivalente en cuanto a su longitud (medida en número de sílabas) y a su frecuencia de uso, siendo además ésta última equivalente a la de los adjetivos de las oraciones sintácticamente incorrectas del estudio I (21 por millón, de acuerdo con el Léxico Informatizado del Español, LESEP (Sebastián y cols., 2000)).

Los “fillers” empleados en el estudio II fueron exactamente los mismos que los empleados en el estudio I. De nuevo, su finalidad fue la de evitar efectos de repetición, habituación o aprendizaje que pudieran sesgar los resultados observados. Un listado de las oraciones experimentales y de los “fillers” empleados en el estudio II se puede encontrar en los Anexos I,III y IV. Añadir que, las características lingüísticas, visuales y perceptivas de las oraciones experimentales y de los “fillers”, así como de su presentación (programa de estimulación empleado, distancia entre los participantes y los estímulos, ...) fueron idénticas a las empleadas en el estudio I.

Tipo de oración	Número de palabras	Correctas	Semánticamente incorrectas
Oraciones experimentales.	4	La fiesta divertida empieza. La nieve blanca cuaja. El obrero cansado reposa. Las naves espaciales despegan.	La fiesta <b>cansada</b> empieza. La nieve <b>comunista</b> cuaja. El obrero <b>público</b> reposa. Las naves <b>dulces</b> despegan.
“Fillers” cortos.	3	El corazón late. La doncella trabaja. El humo empaña. El acusado testifica.	Los huesos <b>parpadean</b> . La maceta <b>cantán</b> . El oso <b>torea</b> . La butaca deletrea.
“Fillers” largos.	5	El periódico semanal anuncia catástrofes. Las botas marrones hacen rozaduras. El productor catalán rueda documentales. El vendedor ambulante paga impuestos.	Las velas encendidas <b>sienten</b> calor. El ruido excesivo <b>imita</b> gestos. El conductor novel <b>encuaderna</b> errores. La casa rural <b>empuja</b> .

**Tabla 4:** Ejemplos de las oraciones empleadas en el estudio II. Se presentan oraciones experimentales, “fillers” cortos y “fillers” largos, en sus versiones correctas e incorrectas. En las oraciones incorrectas, la palabra que no encaja en la estructura de la oración está señalada en negrita.

El material musical empleado fue exactamente el mismo que en estudio I: 42 fragmentos musicales, 14 positivos, 14 neutros y 14 negativos, de 66 segundos de duración. Estos fragmentos se presentaron en tres bloques, en los que los 14 fragmentos se presentaban de forma continua, suavizándose los saltos entre ellos. Este material se presentaba mediante unos altavoces localizados a 65 cm de los participantes, manteniendo constante la intensidad del sonido entre sesiones experimentales, de forma que se percibiera de forma clara y cómoda.

Así también, los participantes del estudio II evaluaron la emocionalidad y la familiaridad de los pasajes musicales empleados, obteniendo resultados muy similares a los observados en el estudio I (las escalas de emocionalidad y familiaridad están incluidas en el Anexo V). En cuanto al grado de emocionalidad de los pasajes musicales empleados, los valoraciones dadas por los participantes del estudio II iban en la misma dirección que las dadas por los participantes que evaluaron el material musical en primera instancia (fragmentos positivos ( $M = 4.14$ ,  $d.t. = .91$ ), fragmentos neutros ( $M = 3.19$ ,  $d.t. = .79$ ), fragmentos negativos ( $M = 2.00$ ,  $d.t. = 1.05$ ) ( $F(2,40) = 10.40$ ,  $p = .000$ )). En referencia a la dimensión de familiaridad, los fragmentos positivos ( $M = 4.42$ ,  $d.t. = .74$ ) fueron de nuevo evaluados como más familiares que los negativos ( $M = 2.91$ ,  $d.t. = 1.18$ ), y a su vez que los neutros ( $M = 2.04$ ,  $d.t. = 1.28$ ) ( $F(2,40) = 47.74$ ,  $p = .000$ ).

### 5.2.3 Procedimiento

Al inicio de cada sesión experimental, se dieron instrucciones a los participantes acerca de la técnica de los potenciales evento-relacionados, así como del procedimiento que se iba a seguir para realizar el estudio. Éstos dieron su consentimiento informado antes de empezar la sesión. La tarea que debían realizar los participantes consistía en detectar errores lingüísticos mientras se presentaba música por los altavoces. Así, debían juzgar el grado de

aceptabilidad de las oraciones presentadas, pulsando un botón con dedo índice u otro botón con el dedo medio cuando la oración fuera correcta o incorrecta, respectivamente. Los participantes debían responder al finalizar la oración y tan pronto como apareciera el signo de interrogación en el monitor. Los participantes fueron entrenados en la tarea antes de empezar con el experimento.

El procedimiento de presentación de estímulos fue exactamente el mismo que el procedimiento seguido en el estudio I, con la única diferencia de que en el estudio II las incorrecciones en las oraciones experimentales eran de tipo semántico. El estudio se realizó en una cabina insonorizada y aislada eléctricamente, en la que los participantes se sentaban cómodamente y los estímulos eran presentados de forma clara y cómoda a una distancia de 65 cm.

El material experimental fue organizado en 6 bloques, cada uno de ellos compuesto por 240 oraciones experimentales, 120 “fillers” y los 42 fragmentos musicales presentados en tres partes (positivo, negativo y neutro). El orden de presentación de las partes fue contrabalanceado entre sujetos, y las oraciones experimentales y los “fillers” fueron asignados aleatoriamente a cada parte. A cada participante se le presentó un único bloque, y la asignación de los participantes a cada bloque fue contrabalanceado y pseudoaleatorizado. Al final de cada parte se administró la escala de emocionalidad y el cuestionario de familiaridad de la música presentada, indicándose que los fragmentos musicales debían ser evaluados como un todo (1: “nada familiar”, 5: “muy familiar”). En una de estas pausas también se administraba el Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971).

#### **5.2.4 Registros electrofisiológicos**

El registro de los datos electrofisiológicos en el estudio II se realizó de manera idéntica al procedimiento descrito en el capítulo anterior para el estudio I: se empleó un gorro elástico con 27 sensores o electrodos colocados en localizaciones específicas siguiendo el

Sistema Internacional 10/20, y un electrodo de referencia en el hueso mastoides izquierdo. Además, se empleó un electrodo en el hueso mastoides derecho, para re-referenciar los datos al terminar el registro, y 4 electrodos oculares, arriba, abajo y a ambos lados de las cuencas de los ojos, para poder registrar la actividad electrooculográfica (movimientos verticales, horizontales y parpadeos), y poder extraerla de la actividad eléctrica cerebral de interés en el análisis.

La señal eléctrica se registró mediante el sistema Brain Vision Recorder®, manteniendo las impedancias por debajo de los 3 Kohm durante todo el registro. La señal eléctrica fue amplificada y recogida de manera continua con un filtro de paso de banda alta de 0.01 Hz, y un filtro de paso de banda baja de 40Hz, siendo 250 Hz la tasa de muestreo.

### **5.2.5 Análisis de datos**

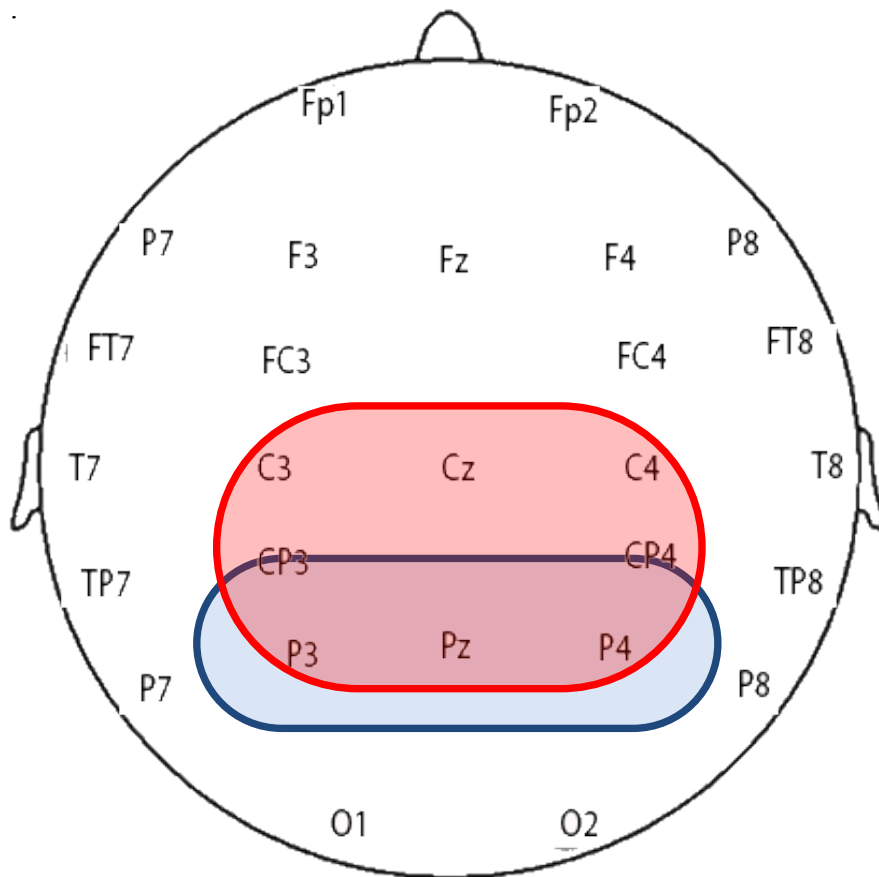
#### *Datos conductuales*

Los datos conductuales analizados en el estudio II fueron también el tiempo de reacción y el porcentaje de aciertos. Éstos fueron recogidos y analizados exactamente de la misma forma que el estudio I, con la única diferencia de que en el estudio II el tipo de incorrección en las oraciones experimentales eran incongruencias a nivel semántico entre el sustantivo y el adjetivo de la oración. Estas medidas conductuales ayudarán a la interpretación posterior de los datos electrofisiológicos (Olofsson y cols., 2008).

#### *Datos electrofisiológicos*

El procedimiento que se siguió para analizar la señal electrofisiológica fue idéntico al realizado previamente en el estudio I: filtrado de la señal con un filtro de banda baja de 30Hz, división de la señal en segmentos o épocas entre -200 y 1500 ms, ajuste de línea base, y corrección y rechazo de los artefactos por encima de los +/-100 microvoltios, así como de los artefactos oculares. A continuación, las épocas se volvieron a referenciar, usando como nueva referencia los mastoides unidos. Seguidamente, se calcularon los promedios de la actividad

ligada a los adjetivos correctos e incorrectos, en función a los tres tipos de fragmentos musicales (positivos, neutros, negativos), obteniéndose un total de 6 promedios, aplicándose una corrección de línea base. Por último, para cada una de las 6 condiciones, se calculó la actividad promedio de los 21 participantes en el estudio, aplicando también la corrección de línea base. Tras realizar estas operaciones, el promedio total de segmentos incluidos fue de 74.66%. En concreto, se incluyeron un 71.56%, un 71.42, y un 68.09% de oraciones correctas, así como un 82.85%, 75.58% y un 78.45% de oraciones incorrectas, cuando las oraciones fueron presentadas ante música positiva, negativa y neutra, respectivamente.



**Figura 13:** Representación gráfica de los 27 electrodos cefálicos empleados para el estudio y las regiones de interés elegidas para el análisis de los componentes N400 (rojo) y P600 (azul).

De forma idéntica al procedimiento seguido en el estudio I, se definieron ventanas de tiempo para cada componente según una minuciosa inspección visual y resultados de estudios previos. Así, la ventana seleccionada para el componente N400 fue de entre 380 y 480 ms tras la aparición del adjetivo, y para el componente P600, de entre 720 y 850 ms tras el adjetivo. Para el análisis estadístico de las diferencias de voltaje, se aplicaron análisis de la varianza o ANOVAs de tres factores: Emoción musical (3 niveles), Corrección (2 niveles) y ROI (5/8 niveles). Los electrodos incluidos en las ROIs fueron: N400 (C3, Cz, C4, CP3, CP4, P3, Pz, P4) y P600 (CP3, CP4, P3, Pz, P4), y las ventanas de tiempo empleadas fueron las mismas que las especificadas anteriormente. La localización topográfica de las regiones de interés se puede observar en la figura 13.

### 5.3 Resultados

#### 5.3.1 Datos conductuales

Al igual que lo observado en el estudio I, el porcentaje de aciertos en el estudio II fue significativamente elevado en las tres condiciones (música positiva: 87.14%; música neutra: 85.09%; música negativa: 86.01%), no existiendo diferencias significativas en la variable porcentaje de aciertos como efecto de la emoción musical ( $F(2,40) = .27, p = .69$ ). En cuanto a la variable tiempo de reacción, tampoco hubo diferencias como efecto de la emoción musical ( $F(2,40) = 1.15, p = .23$ ). Los valores en tiempo de reacción para las tres condiciones fueron los siguientes: música positiva:  $M = 558.45$  ms ( $d.t. = 110.37$ ), música neutra:  $M = 571.37$  ms ( $d.t. = 106.42$ ) y música negativa:  $M = 545.45$  ms, ( $d.t. = 116.04$ ).

#### 5.3.2 Datos electrofisiológicos

##### Lenguaje

##### *Componente N400 (380-430 ms)*

Los datos demuestran un evidente componente N400 con una distribución topográfica centroparietal entre los 380 y los 480 ms tras la presentación de los adjetivos semánticamente



incorrectos, en comparación con los incorrectos. Como se puede observar en la tabla 5, este resultado se ve apoyado por el análisis estadístico ANOVA realizado en la ROI seleccionada (C3, Cz, C4, CP3, CP4, P3, Pz, P4) ( $F(1,20) = 21.17, p = .000$ ).

*Componente P600 (700-850 ms)*

En la ventana de tiempo entre 700 y 850 ms tras la presentación de los adjetivos semánticamente incorrectos, se observó un incremento del componente P600 (en contraposición a los adjetivos semánticamente correctos). Este componente tuvo con un máximo de amplitud hacia los 800 ms después de la presentación del adjetivo, con una distribución parietal. Los datos observados se ven apoyados mediante el análisis estadístico ANOVA realizado en la ROI de interés: CP3, CP4, P3, Pz, P4 (Tabla 5). Estos análisis mostraron efectos significativos para el factor corrección, solo y en interacción con el factor región de interés ( $F(1,20) = 38.99, p = .000$ , y  $F(4,80) = 3.76, p = .02$ , respectivamente).

**Emoción musical**

*Ventana de tiempo entre 380 y 480 ms*

Los datos indican que la emoción musical moduló los ERPs ligados a la presentación de los adjetivos (tanto correctos como incorrectos) en la ventana de tiempo entre 380 y 480 ms tras la presentación de dichos adjetivos. Hubo una actividad de voltaje positivo con una extensa distribución topográfica en la parte media y parietal como efecto de la emoción musical positiva. Por el contrario, la emoción musical negativa provocó una respuesta evento-relacionada de voltaje negativo con una distribución parieto-occipital. Los análisis estadísticos realizados sobre la ROI de interés (C3, Cz, C4, CP3, CP4, P3, Pz, P4) apoyan estos resultados ( $F(2,40) = 3.29, p = .04$ ) (Tabla 5).

*Ventana de tiempo entre 700 y 850 ms*

No hubo efectos observables de la emoción musical sobre la actividad eléctrica ligada a los adjetivos (correcto o incorrecto) en la ventana de tiempo entre 700 y 850 ms tras la

presentación de dichos adjetivos para la ROI seleccionada (CP3, CP4, P3, Pz, P4) ( $F(2,40) = .64, p = .52$ ) (Tabla 3).

### **Interacción entre lenguaje y emoción musical**

#### *Componente N400 y emoción musical*

Los resultados indican que, aunque hayan algunas diferencias aparentes en los mapas (Figura 14), no hubo una interacción significativa entre el factor emoción musical y el factor corrección en la ROI seleccionada (C3, Cz, C4, CP3, CP4, P3, Pz, P4), como así lo indica el análisis estadístico ANOVA calculado sobre la ventana de tiempo entre 380 y 480 ms ( $F(2,40) = 1.05, p > .35$ ) (Tabla 5).

	380 – 480 ms		700 – 850 ms	
FACTOR	F	g.l.	F	g.l.
ROI	12.36***	7,140	4.21*	4,80
Corrección	21.17***	1,20	38.99***	1,20
Emoción musical	3.29*	2,40	.64	2,40
ROI X Corrección	1.23	7,140	3.76*	4,80
ROI X Emoción musical	0.99	14,280	0.38	8,160
Corrección X Emoción musical	1.05	2,40	2.57	2,40
ROI X Corrección X Emoción musical	0.92	14,280	1.43	8,160

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

**Tabla 5:** Representación de los valores obtenidos para cada factor, ROI, grado de corrección semántica y emoción musical, así como para la interacción entre factores, obtenidos a partir del análisis estadístico ANOVA. Éste fue realizado sobre las medias de los valores de voltaje de las ROIs correspondientes a los componentes de interés (N400: C3, Cz, C4, CP3, CP4, P3, Pz, P4, y P600: CP3, CP4, P3, Pz, P4 ), y en las ventanas de tiempo especificadas, 380-480 ms. para el componente N400, y 700-840 ms para el componente P600.

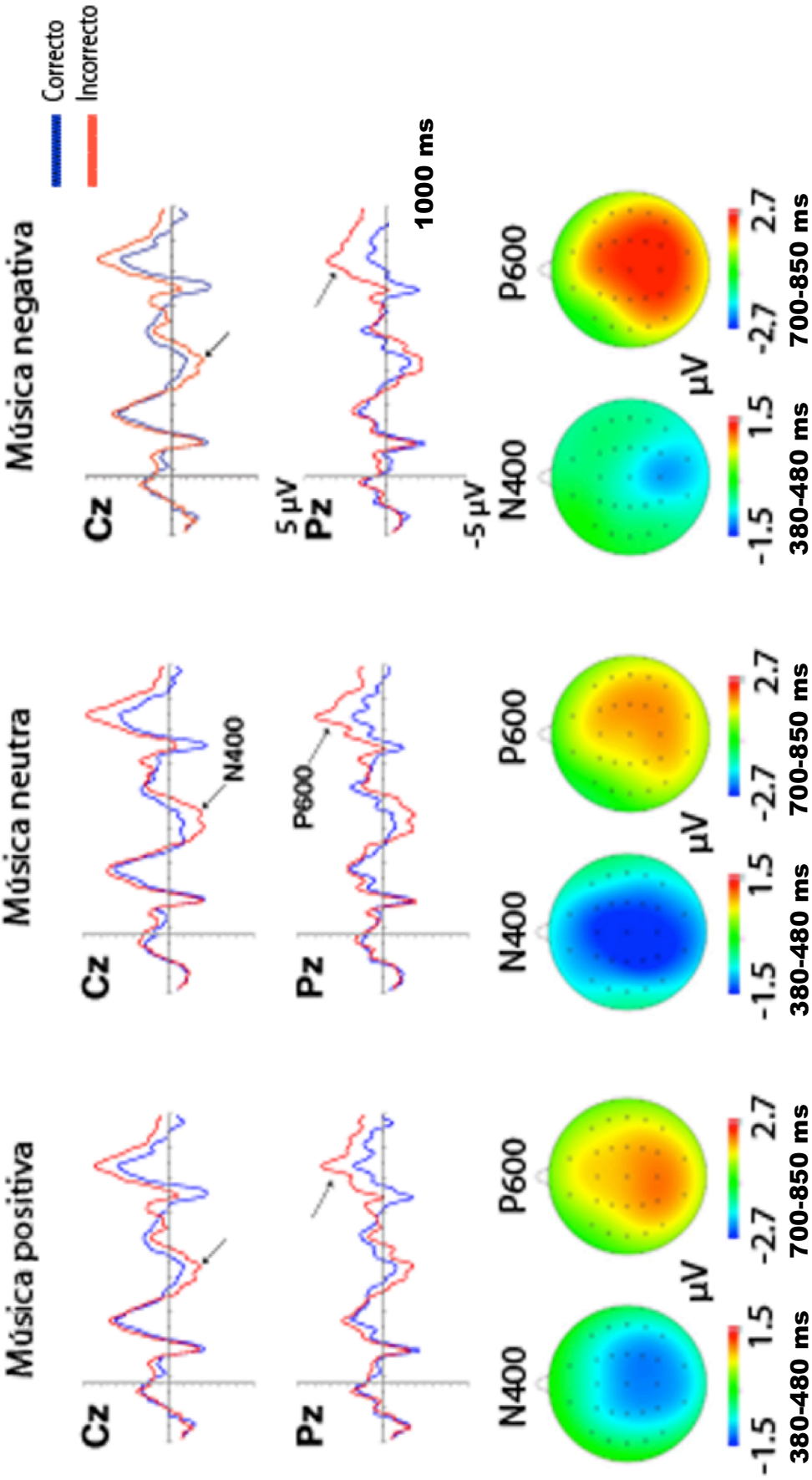


Figura 14: Arriba: patrón de respuesta electroencefalográfica correspondiente a los adjetivos correctos e incorrectos en interacción con la música positiva, negativa y neutra en los electrodos seleccionados. Abajo: mapas de las diferencias entre respuestas ante adjetivos semánticamente incorrectos menos la respuesta ante adjetivos correctos en interacción con la música positiva, negativa y neutra en las ventanas de tiempo de interés (N400: 380-480 ms, P600: 700-850 ms)

### Componente *P600* y emoción musical

Del mismo modo, no se observa una modulación en el componente P600 como efecto de la emoción musical. De esta forma, los análisis estadísticos indican una ausencia de interacción entre el factor emoción musical y el factor corrección en la ventana de tiempo del componente P600 (700- 850 ms. tras la presentación del adjetivo) ( $F(1,40) = 2.57, p = .09$ ) en la ROI seleccionada (CP3, CP4, P3, Pz, P4) (Tabla 5).

## 5.4 Discusión

El objetivo principal de este estudio era examinar si (y en dicho caso, de qué forma) las emociones inducidas por la música afectan de alguna manera la realización de una tarea de comprensión lingüística a nivel semántico, cuando la música se presentaba al mismo tiempo que la tarea lingüística. En dicha tarea, se les pedía a los participantes juzgar las oraciones presentadas como semánticamente correctas o incorrectas.

Los resultados de este trabajo indican que la emoción musical parece no afectar a la comprensión del lenguaje a nivel semántico, a pesar de las aparentes diferencias observadas en los mapas. Sin embargo, los resultados parecen indicar un efecto principal de la emoción musical, de forma independiente a la naturaleza correcta o semánticamente incorrecta del adjetivo. Este resultado estaría indicando el éxito de nuestro paradigma experimental para generar emociones, hecho que viene corroborado por las evaluaciones realizadas por los participantes del estudio II sobre el contenido emocional de los pasajes musicales.

Como se ha mencionado, no hay evidencias de un efecto significativo de la emoción musical sobre el componente N400 en este segundo estudio. Estos resultados difieren de los trabajos encontrados en la literatura, en los que se observa como el contexto emocional previo modula la amplitud del componente N400. Así por ejemplo, Federmeier y colaboradores (2001) mostraron una reducción de la amplitud del componente N400 cuando se inducían estados de ánimo positivos, en comparación a cuando se presentaban estímulos

neutros. Por su parte, Moreno y Vázquez (2011) demostraron una modulación del componente N400 cuando la palabra era incongruente con el contexto emocional previo de la oración. Es posible que las diferencias encontradas entre los resultados del presente estudio y los resultados de trabajos previos puedan venir explicadas por las peculiaridades metodológicas de cada trabajo. En el presente estudio, se emplearon fragmentos musicales para generar el estado emocional, y estos fragmentos musicales fueron presentados de forma simultánea a la tarea lingüística. Por el contrario, Federmeier y colaboradores (2001) emplearon imágenes del IAPS que eran presentadas de forma previa al material lingüístico (Lang y cols., 1995), mientras que en el trabajo de Moreno y Vázquez (2011), la emoción estaba contenida en el contexto de la oración.

En la misma línea, no se observaron efectos de la emoción musical sobre el componente P600. Hasta donde conocemos, no existen estudios en la literatura en los que se hayan descrito efectos del estado de ánimo inducido sobre el componente P600 índice de incorrecciones semánticas (Vissers y cols., 2010). Una posible explicación para la ausencia de estos efectos podría ser la naturaleza del componente P600 semántico, que en comparación con el componente P600 sintáctico, suele ser de menor intensidad y con una aparición de carácter menos consistente. Este hecho podría implicar que el componente P600 semántico fuera sistemáticamente menos sensible a los posibles efectos de los estados emocionales inducidos. Sin embargo, como vimos en el capítulo anterior, la emoción musical tampoco afecta al componente P600 sintáctico, lo que haría descartar la hipótesis previamente planteada, al menos para nuestros datos. Por lo tanto, considerando el escaso número de estudios realizados y las contradicciones entre resultados, se hace necesario seguir investigando en esta línea con el objetivo de esclarecer la dinámica de las relaciones entre el estado de ánimo inducido y la comprensión de oraciones en el cerebro.

Por otra parte, parece que la emoción musical no afecta a la comprensión semántica de oraciones a nivel conductual, no existiendo diferencias en las variables conductuales de porcentaje de aciertos o tiempo de reacción. Esta ausencia de efectos puede venir dada por el hecho de que existe un intervalo temporal de 2 segundos entre el momento en el que se presenta el estímulo de interés y el momento en el que se da la respuesta (paradigma experimental empleado en este tipo de estudios) (p.o. Kutas y Van Petter, 1994). De forma alternativa, y considerando el elevado número de aciertos, la ausencia de diferencias significativas a nivel conductual podría explicarse como un efecto techo en los resultados. Sin embargo, tomando en cuenta los resultados electrofisiológicos, parece más razonable considerar una ausencia de interacción sistemática entre emoción musical y lenguaje a nivel conductual.

Por tanto, los datos de este trabajo demuestran que la emoción musical parece no afectar a la comprensión de oraciones a nivel semántico, existiendo sin embargo, un efecto general de la emoción musical.

## **CAPÍTULO 6**

### **DISCUSIÓN GENERAL**

El principal objetivo de esta tesis fue estudiar si, y en su caso cómo, las emociones inducidas por la música afectan al lenguaje en una tarea de comprensión de oraciones, cuando dicha música se presenta de forma simultánea al material lingüístico. El principal resultado de este trabajo ha sido que la emoción musical, independientemente de su valencia negativa o positiva, parece afectar al procesamiento sintáctico en las primeras etapas, lo que resulta en una reducción de amplitud del componente LAN (índice de incorrecciones sintácticas), como se observa en los datos obtenidos en el estudio I. Los análisis post-hoc realizados en este estudio señalan que, aunque tanto la emoción musical positiva como la emoción musical negativa afectaron a la comprensión sintáctica del lenguaje, dicho impacto fue mayor por parte de la emoción musical positiva, que por parte de la negativa. De forma contraria, los resultados del estudio II señalan que la emoción musical no afectó a la comprensión del lenguaje a nivel semántico, a pesar de las aparentes diferencias observadas en los mapas. Sin embargo, se observó un efecto principal de la emoción musical en el estudio II. Hasta lo que conocemos, ésta es la primera investigación que ha demostrado cómo la emoción inducida por la música puede afectar a la comprensión del lenguaje a nivel sintáctico a tiempo real.

Como se ha mencionado, la emoción musical ha afectado selectivamente a la comprensión sintáctica, mientras no se observan efectos sobre los ERPs índices de procesamiento semántico. Este resultado tiene implicaciones importantes en lo que concierne a la naturaleza de los procesos de comprensión de oraciones lingüísticas, así como en la organización de los sistemas semántico y sintáctico en la memoria de trabajo.

Así, el hecho de que la emoción musical haya afectado selectivamente a la comprensión sintáctica de la oración, y no a la semántica, y sólo en las primeras etapas, en

ausencia de efectos en etapas más tardías del procesamiento sintáctico, parecen apoyar no solo la idea de que existe una memoria de trabajo lingüística específica, sino que en línea con lo propuesto por los modelos modulares o “sintáctico-céntricos”, dicha memoria de trabajo lingüística está a su vez dividida (Chomsky, 1965; Chomsky, 1981; Rayner y cols., 1983; Frazier, 1987). Estos modelos defienden que la comprensión de oraciones se realiza en dos etapas diferenciadas por las computaciones que en ellas tienen lugar (p.o. Caplan y Waters, 1999). En la primera etapa, tienen lugar los denominados procesos interpretativos (operaciones sintácticas, de acceso al léxico, de reconocimiento de palabras, o de asignación de roles temáticos) mediante los que se establece una estructura sintáctica que determina el significado de la oración. En una segunda etapa, se desarrollan los procesos post-interpretativos, en los que se emplean el significado de la oración para realizar otras operaciones cognitivas (Caplan y Waters, 1999). Por tanto, el efecto diferencial de la emoción musical sobre los procesos de comprensión sintácticos y semánticos observado en los presentes datos, estaría sugiriendo que dichas operaciones tienen lugar dentro de fases o etapas con dinámicas computacionales diferentes.

Sin embargo, aunque nuestros datos coincidan con las propuestas de Caplan y Waters (1999), y de otras teorías modulares (p.o. Ullman, 2001, 2004) en lo referente a las diferentes etapas de comprensión de oraciones, parecen no estar muy de acuerdo en cuanto a lo que la naturaleza de dichas etapas se refiere. Tradicionalmente, desde las teorías sintáctico-céntricas o modulares (Ullman, 2001, 2004) se ha defendido que el sistema sintáctico es de carácter algorítmico (local, sistemático, analítico) y encapsulado, siendo poco probable que información externa, como por ejemplo, el estado emocional inducido por la música, pueda ejercer efectos sobre él (Friederici, 2002; Martín-Loeches y cols., 2008). Sin embargo, nuestros datos contradicen la naturaleza encapsulada del sistema sintáctico, demostrando que



sí puede ser afectado por información externa, no siendo un sistema tan cerrado como se pensaba en un principio (Jiménez-Ortega y cols., bajo revisión).

En la misma línea, los resultados del estudio II tienen implicaciones sobre la organización de la memoria de trabajo lingüística. Los efectos principales de la emoción musical sobre el adjetivo, de forma independiente a su naturaleza correcta o incorrecta, sugieren que el sistema semántico, además de estar organizado de forma diferente al sintáctico, depende de una serie de recursos cognitivos no específicos del lenguaje. Estos recursos pertenecerían a un conjunto general que son compartidos por diferentes funciones cognitivas, entre las que se incluye el procesamiento semántico (p.o. MacDonald y Christiansen, 2002).

Por otra parte, los resultados encontrados en la presente investigación parecen indicar que, tanto la emoción positiva como la emoción negativa, afectan de la misma manera a la comprensión del lenguaje sintáctico. Por lo tanto, se puede afirmar que los datos parecen ir en contra del denominado estilo de procesamiento dependiente de emoción (p.o. Blanchette y Richards, 2010). Esta perspectiva defiende que las emociones positivas y las emociones negativas tienen efectos diferentes sobre la cognición, activando distintas estrategias cognitivas en la memoria de trabajo. (p.o. Blanchette y Richards, 2010; Vissers y cols., 2010). Así, los estados emocionales positivos fomentarían el uso de estilos de procesamiento heurísticos (p.o. Bless, Bohner, Schwarz., y Strack, 1990; Bohner y cols., 1994; Park y Banaji, 2000), mientras que las emociones negativas promoverían el uso de estilos de procesamiento algorítmicos (p.o. Park y Banaji, 2000). En contra de lo que defiende esta perspectiva, no parece que la emoción musical positiva incrementase el uso de estrategias heurísticas de procesamiento, lo cual estaría presumiblemente reflejado por una modulación en el componente N400. En la misma línea, tampoco parece que las emociones negativas aumentasen el empleo de estrategias algorítmicas, ya que tanto la emoción musical positiva

como la negativa, modularon la amplitud del componente LAN. Por tanto, nuestros datos parecen no apoyar la explicación dada desde la perspectiva del procesamiento dependiente de la emoción.

De hecho, tanto las emociones musicales positivas como las emociones musicales negativas afectaron de manera similar a la comprensión del lenguaje a nivel sintáctico. En este sentido, encontramos muchos trabajos en la literatura que han demostrado como estímulos emocionales activantes son capaces de elevar el nivel de alerta, y de aumentar y canalizar el foco de atención y los recursos cognitivos sobre la tarea principal, lo que tiene como consecuencia un aumento en el rendimiento de dicha tarea (Derakshan y Eysenck, 2010). Desde esta perspectiva, el elemento clave es la motivación, considerándose así que la emoción inducida constituye una evidencia de la importancia de la situación. Esto motivaría a los individuos a movilizar recursos cognitivos y atencionales hacia la tarea que estén realizando (Blanchette y Richards, 2010). Así, en los presentes datos, el efecto de la emoción musical negativa, y sobre todo de la positiva, de alto contenido activante en la comprensión sintáctica del lenguaje podría ser explicado como una consecuencia del aumento de la atención selectiva hacia dicha información sintáctica.

El componente LAN ha sido propuesto para reflejar procesos sintácticos que están altamente automatizados, como la detección de errores o la dificultad para integrar la información entrante (Friederici, 2002). Por lo tanto, y desde esta perspectiva, la aparente reducción del componente LAN podría reflejar que la emoción musical minimiza los costes cognitivos que suponen la detección temprana de un error sintáctico, de forma que la atención se orienta hacia la tarea de comprensión de oraciones, produciéndose así una facilitación en la detección del error y/o en la integración de la nueva información a nivel sintáctico.

Alternativamente, el efecto de la emoción musical en la comprensión sintáctica de oraciones podría venir explicado como un efecto general negativo, consecuencia de focalizar

la atención en el estímulo musical, con efectos sobre la comprensión sintáctica de la oración (Blanchette y Richards, 2010). En esta línea, las denominadas teorías de la capacidad proponen que las emociones son capaces de activar amplias redes donde se almacena la información asociada con dicha emoción. Este proceso de recuperación de información y de control cognitivo consumiría recursos atencionales y de memoria de trabajo, los cuales son limitados, existiendo menos recursos para otras tareas (Mackie y Worth, 1989; Seibert y Ellis, 1991; Mitchell y Phillips, 2007; Blanchette y Richards, 2010). Como consecuencia, las emociones tendrían un efecto general negativo en tareas complejas, como el razonamiento lógico y deductivo, el juicio de valores o la predicción de eventos futuros (Copeland y Radvansky, 2004; Mitchell y Phillips, 2007). Por tanto, la música podría reclutar recursos atencionales y de memoria de trabajo, los cuales son limitados, reduciendo los recursos disponibles para la tarea principal de comprensión sintáctica, y modulando la amplitud del componente LAN.

Haciendo una comparación con los trabajos existentes en la literatura, la reducción de los ERPs como consecuencia de efectos de estado de ánimo inducido ha sido interpretado por otros autores como un efecto facilitador de los estados emocionales sobre el lenguaje (Federmeier y cols., 2001). Desafortunadamente, y como se comentó anteriormente, nuestros datos conductuales no nos ayudan a decidir si los efectos encontrados sobre el componente LAN reflejan un efecto facilitador o un efecto inhibitor de la emoción musical sobre el lenguaje, de la misma forma que otros autores tampoco encontraron tales efectos en la conducta (p.o. Vissers y cols., 2010).

Cualquiera que sea el caso, creemos que la ausencia de efectos sobre el componente P600 no nos conduciría a interpretar la modulación del componente LAN como un efecto negativo de la emoción musical sobre el lenguaje. En un estudio previo, cuyo material lingüístico fue muy similar al utilizado para la presente investigación, la reducción del

componente LAN, venía acompañado de un aumento del componente P600 en aquellos individuos con poca capacidad de memoria de trabajo. Este resultado fue interpretado por los autores en términos de un retraso en el procesamiento de la información sintáctica producido por sobrecarga de la memoria de trabajo (Martín-Loeches y cols., 2005).

Como se ha mencionado, no hay evidencias de que la emoción musical positiva o la emoción musical negativa afectaran al componente P600, ni a nivel sintáctico ni a nivel semántico. Este resultado sugiere la ausencia de efectos sobre la comprensión lingüística de oraciones en etapas tardías de procesamiento. En este sentido, como se comentaba en el capítulo 2, son pocos los estudios que han investigado el efecto de los estados emocionales inducidos sobre la comprensión del lenguaje. Uno de estos trabajos es el realizado por Vissers y colaboradores (2010), quienes encontraron un efecto modulador de las emociones positivas sobre el componente P600. Como se ha descrito, uno de los aspectos que más variabilidad puede causar en la experimentación con emociones, es la metodología y el material empleado (Blanchette y Richards, 2010). Así, es bastante probable que las diferencias entre los resultados encontrados en la presente tesis, y los resultados descritos en el trabajo de Vissers y colaboradores (2010) se deban principalmente a las diferencias metodológicas entre los dos estudios. Por tanto, estas diferencias resaltarían la necesidad del establecimiento de procedimientos estándar que permitan la comparación y generalización de resultados.

En nuestra opinión, los resultados encontrados en este trabajo no pueden ser atribuidos a la interferencia o solapamiento de la música y del lenguaje alrededor de las variables que comparten, como la estructura sintáctica, el contenido semántico, o las características fonológicas. Ni tampoco a otros factores exógenos que se deriven de la presencia continua de la música durante la realización de la tarea principal.

Como vimos en el capítulo 2, música y lenguaje comparten una serie de mecanismos cognitivos, tanto a nivel sintáctico como a nivel semántico, estando representados de manera muy similar en el cerebro (Patel, 2008; Steinbeis y Koelsch, 2008). Los resultados de esta investigación demuestran que de los tres tipos de música presentados, sólo la música evaluada previamente como positiva y la música evaluada como negativa han afectado a la comprensión del lenguaje a nivel sintáctico (estudio I), observándose además un efecto principal de la emoción sobre los adjetivos independiente de su naturaleza semánticamente correcta o incorrecta (estudio II). Sin embargo, los tres tipos de música, positiva, negativa y neutra, tienen tanto un contenido semántico concreto, como una estructura. De hecho, dicha estructura no difiere significativamente entre los tres tipos de música, según los análisis realizados en los parámetros principales de tiempo y modo (p.o. Gagnon y Peretz, 2003). Esto implica, por ejemplo, que la cantidad de información musical media que es procesada por unidad de tiempo es la misma en los tres tipos de música. Lo que hace muy poco probable que el efecto sobre el lenguaje venga dado como una consecuencia de falta de recursos compartidos entre el lenguaje y la música en la memoria de trabajo. Por tanto, existen evidencias suficientes para afirmar que los resultados observados en el presente trabajo están determinados por la emoción inducida por la música con contenido emocional positivo y negativo.

De este modo, los resultados de esta investigación se suman a aquellos trabajos que apoyan el gran poder de la música para generar emociones, como así lo indican las evaluaciones realizadas por los mismos participantes de los estudios I y II (p.o. Koelsch, 2010). En este sentido, se proponen distintos mecanismos mediante los que la música puede modular las emociones (Juslin y Västfjäll, 2008). Por ejemplo, la percepción de un cambio físico provocado por un fragmento musical hace que la situación se perciba como relevante y/o novedosa, produciéndose una activación emocional en el individuo de valencia

indefinida. También, la música puede modular los estados de ánimo mediante procesos asociativos, activando información (tanto de carácter específico como inespecífico) que ha sido previamente asociada con dicha música (Field y Moore, 2005; Hammerl y Fulcher, 2005; Gabrielson, 2001; Farah, 2000; Ganis y cols., 2004). Así mismo, estudios de neuroimagen funcional apoyan estas propuestas, señalando que la música activa estructuras límbicas y paralímbicas fundamentales para la supervivencia de la especie como ACC, la corteza orbitofrontal, el núcleo estriado, la ínsula, la amígdala o el hipocampo (Blood y cols., 1999; Koelsch y cols., 2006; Koelsch, 2010). Por tanto, parece razonable proponer que la música empleada en el presente estudio, que fue evaluada de forma previa como positiva y/o negativa, haya generado una respuesta emocional, presumiblemente a través de uno o varios de los mecanismos antes citados, lo que a su vez, ha provocado efectos sobre las primeras etapas de procesamiento de comprensión sintáctica de oraciones.

No obstante, es necesario señalar que, los participantes de los estudios I y II, además de evaluar la música empleada como música emocional positiva o negativa, o música neutra, casualmente, también evaluaron los fragmentos musicales negativos, y sobre todo los positivos, como significativamente más familiares que los fragmentos neutros. Tal y como están dispuestos los datos, resulta imposible separar los efectos de la emoción musical de los posibles efectos de la familiaridad de la música. Sin embargo, se ha demostrado que la música que es agradable para un determinado grupo de individuos, tiene como consecuencia un aumento de activación emocional, que a su vez, parece mejorar el rendimiento en determinadas tareas cognitivas (Schellenberg y Hallan, 2005). Así, el factor clave para que estos efectos tengan lugar parece ser el grado de familiaridad de una determinada música para los individuos. Por tanto, partiendo de la base de que los estímulos musicales emocionales son estímulos familiares por naturaleza (Schellenberg y Hallam, 2005), consideramos que los

resultados de esta investigación pueden ser explicados como una consecuencia del estado de ánimo inducido por la música sobre la comprensión del lenguaje.

Por tanto, los resultados del presente trabajo demuestran que la emoción musical, independientemente de su valencia positiva o negativa, afecta a la comprensión sintáctica del lenguaje en las primeras etapas, como así se ve reflejado en la reducción del componente LAN. De particular interés en este sentido es el hecho de que la emoción musical inducida ha sido capaz de afectar el presuntamente encapsulado sistema sintáctico, añadiendo evidencias empíricas al importante papel que cumplen las emociones en la cognición. Sin embargo, es necesario continuar investigando en esta línea con el objetivo de determinar los factores que determinan estos efectos de los estados de ánimo inducido sobre la comprensión del lenguaje.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES GENERALES**

En conclusión, los resultados de esta investigación demuestran lo siguiente:

- Las incorrecciones sintácticas y las incorrecciones semánticas entre el adjetivo y el nombre de las oraciones empleadas en estos estudios están relacionados con cambios en el patrón electrofisiológico. En comparación con la respuesta electrofisiológica ante los adjetivos correctos, los adjetivos incorrectos están asociados a la aparición del componente LAN (tras incorrecciones sintácticas) y del componente N400 (tras incorrecciones semánticas) entre 380 y 430 ms, y 380 y 480 ms tras la presentación del adjetivo incorrecto, respectivamente. A estos cambios les sigue un aumento del componente P600 entre 700 y 850 ms tras el adjetivo sintácticamente/semánticamente incorrecto, en comparación con la respuesta electrofisiológica ante los adjetivos correctos.
- La emoción musical inducida por la música positiva y negativa produjo cambios en el componente LAN, índice de operaciones de comprensión sintáctica en etapas tempranas de procesamiento, en comparación con la ausencia de efectos por parte de la música evaluada como neutra. La emoción musical positiva o negativa no afectó significativamente al componente N400, índice de comprensión semántica en etapas tempranas, así como tampoco al componente P600 índice de operaciones sintácticas o semánticas en etapas tardías de procesamiento.



- La emoción musical positiva o negativa no afectó a las medidas conductuales de tiempo de reacción y/o porcentaje de aciertos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alpert, M. y Rosen, A. (1990). A semantic analysis of the various ways that the terms “affect”, “emotion”, and “mood” are used. *Journal of Communication Disorders*, 23, 237–246.
2. Alcorta, C.S., Sosis, R., y Finkel, D. (2008). Ritual Harmony: Toward an Evolutionary Theory of Music. *Behavioural and Brain Sciences*, 31, 576-577
3. Ashby, F.G., Isen, A.M., y Turken, A.U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*, 106, 529-550.
4. Avitan, L., Teicher, M., y Abeles, M. (2009). EEG Generator- A model of Potentials in a Volume Conductor, *Journal of Neuropsychology*, 5, 3046-3059.
5. Baddeley, A. (1986). Working Memory. Oxford University Press, Oxford.
6. Baddeley, A. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences USA*, 93, 13468–13472
7. Baddeley, A.D., Grant, S., Wight, E., y Thomson, N. (1973). Imagery and visual working memory. En: P.M.A. Rabbitt y S. Dornic (Eds.), *Attention and Performance V* (pp. 47–89). London: Academic Press.
8. Baddeley, A.D. y Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47–89). New York: Academic Press
9. Ball, T., Rahm, B., Eickhoff, S.B., Schulze-Bonhage, A., Speck, O., y cols. (2007) Response Properties of Human Amygdala Subregions: Evidence Based on Functional MRI Combined with Probabilistic Anatomical Maps. *PLoS ONE* 2,, 307.

10. Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M.J., y van IJzendoorn, M.H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and non-anxious individuals: A meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, 133(1), 1-24.
11. Baumgartner, T., Esslen, M., y Jäncke, L. (2006) From emotion perception to emotion experience: Emotions evoked by pictures and classical music. *International Journal of Psychophysiology*, 60, 34-43.
12. Bentin, S., Kutas, M., y Hillyard, S.A. (1995). Semantic processing and memory for attended and unattended words in dichotic listening: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 54–67
13. Besson, M., y Macar, F. (1987). An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts. *Psychophysiology*, 24, 14–25.
14. Blanchette, I. y Richards, A. (2010). The influence of affect on higher level cognition: A review of research on interpretation, judgment, decision making and reasoning. *Cognition and Emotion*, 24, 561-595.
15. Bless, H., Bohner, G., Schwarz, N., y Strack, F. (1990). Mood and persuasion: A cognitive response analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 16, 331–345.
16. Bless, H., Schwarz, N., y Wieland, R. (1996). Mood and the Impact of Category Membership and Individuating Information. *European Journal of Social Psychology*, 26, 935-959.
17. Blood, A.J., Zatorre, R.J., Bermudez, P., y Evans, A.C. (1999) Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2, 382-387.

18. Blood, A. y Zatorre, R.J. (2001) Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences USA*, 98, 11818-11823.
19. Bohner, G., Chaiken, S., y Hunyadi, P. (1994). The role of mood and message ambiguity in the interplay of heuristic and systematic processing. *European Journal of Social Psychology*, 24, 207–221.
20. Boltz, M. (2004). The cognitive processing of film and musical soundtracks. *Memory and Cognition*, 32, 1194-1205.
21. Bosch-Bayard, J., Valdés-Sosa, P., Virues-Alba, T., Aubert-Vázquez, E., John, E.R., Harmony, T., Riera-Díaz, J., y Trujillo-Barreto, N. (2001). 3D statistical parametric mapping of EEG source spectra by means of variable resolution electromagnetic tomography (VARETA). *Clinical Electroencephalography*, 32, 47-61
22. Bradley, M.M. y Lang P.J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavioral Therapy Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
23. Callaway, E., Gruae, S., y Shatton, M. (1975). Brain electrical potentials and individuals psychological differences. New York: Grune & Stratton.
24. Casado P., Martín-Loeches M., Muñoz F., y Fernández-Frías C. (2005) Are semantic and syntactic cues inducing the same processes in the identification of word order? *Cognitive Brain Research*, 24, 526-543.
25. Caplan, D. y Waters, G.S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77–94.
26. Caplan, D. y Waters, G.S. (2002). Working memory and connectionist models of parsing: A response to MacDonald and Christiansen (2002). *Psychological Review*, 109, 66 –74.

27. Carreiras, M., Salillas, E., y Barber, H. (2004). Event-related potentials elicited during parsing of ambiguous relative clauses in Spanish. *Cognitive Brain Research*, 20, 98-105
28. Carretié, L. (2000). Psicofisiología. Madrid: Síntesis
29. Chen, J., Huang, H., Chen, C., y Li, C. (2008). Music-induced mood modulates the strength of emotional negativity bias: An ERP study. *Neuroscience Letters*, 445, 135-139.
30. Chomsky, N. (1957) Syntactic Structures. The Hague: Mouton.
31. Chomsky, N. (1965) Aspects of the Theory of Syntax. Cambridge, Mass.: MIT Press
32. Chomsky, N. (1981). Lectures on Government and Binding. Dordrecht: Foris
33. Chwilla, D.J., Brown, C.M., y Hagoort, P., (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274-285.
34. Clore, G.L. (1994). Why emotions are never unconscious. En P. Ekman, y R.J. Davidson (Eds.), *The nature of emotion*. (pp. 285-290). New York: Oxford University Press.
35. Copeland, D.E. y Radvansky, G.A. (2004). Working memory and syllogistic reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57, 1437-1457.
36. Coulson, S., King, J., y Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain responses to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13, 21-58.
37. Cross, I. y Morley, I. (2008) The evolution of music: theories, definitions and the nature of the evidence. En S. Mallosch y C. Trevarthen (Eds.), *Communicative Musicality*, (pp. 61-82). Oxford University Press.

38. Daneman, M. E. y Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450 – 466.
39. Derakhshan, N., y Eysenck, M. W. (1998). Working memory capacity in high trait-anxious and repressor groups. *Cognition and Emotion*, 12, 697–713.
40. Derakhshan, N. y Eysenck, M.E. (2010). Introduction to the special issue: Emotional states, attention, and working memory. *Cognition y Emotion*, 24(2), 189-199.
41. De Long, K.A., Urbach, T.P., y Kutas, M., (2005). Probabilistic Word pre-activation during language comprehension inferred from electrical brain activity. *Nature Neuroscience*, 1117-1145.
42. Donchin, E., Miller, G.A., y Farwell, L.A.(1986).The endogenous components of the event-related potential—A diagnostic tool? *Progress in Brain Research*, 70, 87–102.
43. Ekman, P. (1999). Basic emotions. En: T. Dalgleish, y M. Powers (Eds.), *The handbook of cognition and emotion* (pp. 45–60). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
44. Eldar, E., Ganor, O., Admon, R., Bleich, A., y Hendler, T. (2007). Feeling the Real Word: Limbic Response to Music Depends on Related Content. *Cerebral Cortex*, 17, 2828-2840.
45. Engle, R.W., Cantor, J., y Carullo, J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 972-992.
46. Fabiani, M., Gratton, G., y Coles, M.G.H. (2000). Event-related brain potentials: Methods, theory, and applications. En: J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary, y G.G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (2nd ed., pp. 53–84). Cambridge, England: Cambridge University Press.

47. Farah, M.J. (1988). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, 95, 307-317.
48. Farah, M.J. (2000). The neural bases of mental imagery. En M. S. Gazzaniga (Ed.) *The new cognitive neurosciences* (2nd ed. pp. 965–74). MIT Press.
49. Federmeier, K.D., Kirson, D.A., Moreno, E., y Kutas, M. (2001). Effects of transient, mild mood states on semantic memory organization and use: an event-related potential investigation in humans. *Neuroscience Letters*, 305, 149-152.
50. Fedorenko, E., Patel, A., Casasanto, D., Winawer, J., y Gibson, E. (2009). Structural integration in language and music: Evidence for a shared system. *Memory and Cognition*, 37, 1-9.
51. Field, A.P. y Moore, A.C. (2005). Dissociating the effects of attention and contingency awareness on evaluative conditioning effects in the visual paradigm. *Cognition and Emotion*, 19, 217-243
52. Fitch, W.T. (2006) The biology and evolution of music: a comparative perspective. *Cognition*, 100, 173-215
53. Fitch, W.T. (2008) The Origin and Diversification of Language. *American Antropoligist*, 101, 864-865.
54. Fodor, J. A. (1983). The Modularity of Mind. Cambridge, MA: MIT Press.
55. Frazier, L. (1987). Sentence processing: A tutorial review. En M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII* (pp. 559–585). London: Erlbaum.
56. Fraizer, L. y Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14, 178-210.
57. Fredrickson, B. L., y Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition and Emotion*, 19, 313-332.

58. Friederici, A.D. (1995). The time-course of syntactic activation during language processing - A model-based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50, 259-281.
59. Friederici, A.D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 78-84
60. Friederici A.D., Hahne, A., y Mecklinger, A. (1996). The temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effects elicited by syntactic anomalies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1219-1248..
61. Friederici, A.D. y Weissenborn, J. (2007). Mapping sentence form onto meaning: The syntax–semantic interface. *Brain Research*, 1146, 50–58.
62. Fritz, T. y Koelsch, S. (2005). Initial response to pleasant and unpleasant music: an fMRI study. *Neuroimage*, 26 (Suppl.) T-AM 271.
63. Gable, P. y Harmon-Jones, H (2010). The motivational dimensional model of effect: Implications for introverted and extraverted subjects exposed to conditions of distraction and distortion of stimulus in a learning task. *Ergonomics*, 17, 211-220.
64. Gabrielsson, A. (2001). Emotions in strong experiences with music. En P.N. Juslin y J.A. Slobod (Eds) *Music and emotion: Theory and research* (pp. 431– 449). Oxford University Press.
65. Gagnon, L. y Peretz, I. (2003). Mode and tempo relative contributions to “happy-sad” judgments in equitone melodies. *Cognition and Emotion*, 17, 25-40.
66. Ganis, G., Thompson, W. L., Mast, F., y Kosslyn, S.M. (2004). The brain’s mind images: The cognitive neuroscience of mental imagery. En: M.S. Gazzaniga (Ed) *The cognitive neurosciences* (3<sup>rd</sup> ed. pp. 931-941). MIT Press.



67. Garnsey, S. (1993). Event-related potentials in the study of language: an introduction. *Language and Cognitive Processes*, 8, 337-356
68. Gasper, K. y Clore, G.L. (2002). Attending to the big picture: Mood and global versus local processing of visual information. *Psychological Science*, 13, 33-39.
69. Gerrards-Hesse, A., Spies, K., y Hesse, F.W. (1994). Experimental inductions of emotional states and their effectiveness: a review. *British Journal of Psychology*, 85, 55-78.
70. Gigerenzer, G. y Goldstein, D.G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650-669.
71. Gratton, G., Coles, M., y Emanuel, D. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 55, 468-484.
72. Grodner, D., Gibson, E., y Watson, D. (2005). The influence of contextual contrast on syntactic processing: evidence from strong-interaction in sentence comprehension. *Cognition*, 95, 275-296.
73. Gross, J.J. y Levenson, R.W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition and Emotion*, 9, 87-108.
74. Hagoort, P., Brown, C.M. y Groothusen, J. (1993). ERP effects of listening to speech: semantic ERP effects. *Language and Cognitive Processes*, 8, 439- 483
75. Hagoort, P. (2003). Interplay between Syntax and Semantics Turing Sentence Comprehension: ERP Effects of Combining Syntactic and Semantic Violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 883-899.
76. Hauser, M.D., Chomsky, N., y Fitch, W.T. (2002). The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?. *Science*, 298, 1569-1579.
77. Hammerl, M. y Fulcher, E.P. (2005). Reactance in affective evaluative learning: Outside of conscious control? *Cognition and Emotion*, 19, 197 – 216.

78. Hettena, C.M. y Ballif, B.L. (1981). Effects of mood on learning. *Journal of Educational Psychology*, 73, 505-508.
79. Hevner, K. (1937). The affective value of pitch and tempo in music. *The American Journal of Psychology*, 74, 103-118.
80. Hoch, L., Poulin-Charronnat, B., y Tillmann, B. (2011). The influence of task-irrelevant music on language processing: syntactic and semantic structures. *Frontiers in Psychology*, 2, 112.
81. Holcomb, P.J., Coffey, S.A., y Neville, H.J. (1992). Visual and auditory sentence processing: A developmental analysis using event-related brain potentials. *Developmental Neuropsychology*, 8, 203-241.
82. Jasper, H.H. (1958) The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
83. Jiménez-Ortega, L., Martín-Loeches, M., Casado, P., Sel, A., Fondevila, S., Herreros-de-Tejada, P., Shacht, A y Sommer W(bajo revisión). How the Emotional Content of Discourse Affects Language Comprehension. *PLoS ONE*.
84. Juslin, P.N. y Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 559-621.
85. Just, M.A., y Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 98, 122–149.
86. Just, M.A. y Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99,122-149.
87. Kaan, E., Harris, A., Gibson, E. y Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15, 159-201
88. Kamenetsky, S.B. (2009). Emotional responses to music: experience, expression, and pshysiology. *Psychology of Music*, 37, 61-90.

89. Khalfa, S., Guye, M., Peretz, I., Chapon, F., Girard, N., Chauvel, P., y Liégeois-Chauvel, C. (2008). Evidence of lateralized anteromedial temporal structures involvement in musical emotion processing. *Neuropsychologia*, 46, 2485-93.
90. Khalfa, S., Schön, D., Anton, J.L., y Liégeois-Chauvel, C. (2005). Brain regions involved in recognition of happiness and sadness in music. *Neuroreport*, 16, 1981-1984.
91. Key, A.P.F., Dove, G.O. y Maguire, M.G. (2005). Linking Brainwaves to the Brain: An ERP Primer. *Developmental Neuropsychology*, 27, 183-215.
92. Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for an automatic spreading activation account of N400 priming effects. *Cognitive Brain Research*, 13, 27-39.
93. Kim, A. y Osterhout, L. (2005). The independence of combinatorial semantic processing: evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*, 52, 205-225.
94. Kluender, R. y Kutas, M. (1993). Bridging the Gap: Evidence from ERPs on the Processing of Unbounded Dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 196-214.
95. Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 131-137.
96. Koelsch, S. y Jentschke, S. (2008). Short-term effects of processing musical syntax: an ERP study. *Brain Research*, 1212, 55-62.
97. Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T., y Friederici, A.D. (2004). Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing. *Natural Neuroscience*, 7, 302-307.

98. Koelsch, S. y Siebel, W.A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*. 9, 578-84.
99. Kuender R. y Kutas, M. (1993). Bridging the gap: evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 196-214.
100. Kuperberg, G.R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, 1146, 23-49.
101. Kutas, M. (1993). In the company of other words: Electrophysiological evidence for single word versus sentence context effects. *Language and Cognitive Processes*, 8, 533-572.
102. Kutas, M., y Besson, M. (1999). Electrical signs of language in the brain. En C. Fuchs y S. Roberts (Eds.) *Language diversity and cognitive representations*. Amsterdam: John Benjamins.
103. Kutas, M. y Dale, A.M. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. En MD Rugg (Ed.) *Cognitive Neuroscience* (pp. 197-244) Cambridge: MIT Press.
104. Kutas, M. y Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
105. Kutas, M., y Hillyard, S.A. (1984). Brain potentials reflect word expectancy and semantic association during reading. *Nature*, 307, 161-163
106. Kutas, M. y King, J.W. (1996). The potentials for basic sentence processing: differentiating integrative processes, En: T. Inui y J. L. McClelland (Eds.), *Attention and Performance XVI: Information Integration in Perception and Communication* (pp. 501-546). Cambridge: MIT Press.

107. Kutas, M. y Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics Electrified: Event-related potential investigations. En: M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of Psycholinguistics* (pp. 83-143). Academic Press.
108. Lang, P.J., Bradley, M. y Cuthbert, B. (1995) International Affective Picture System. Center for Research in Psychophysiology. Ref Type: Audiovisual Material, Gainesville, Florida.
109. Lartillot, O., Toivainen, P., y Eerola, T. (2008). A Matlab Toolbox for Music Information Retrieval. En: C. Preisach, H. Burkhardt, L. Schmidt-Thieme, R. Decker (Eds.), *Data Analysis, Machine Learning and Applications, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization* (261-269). Berlin: Springer-Verlag.
110. Lazarus, R. (1994). The stable and unstable in emotion. En: P. Ekman, y R. J. Davidson (Eds.), *The nature of emotion*. New York: Oxford University Press.
111. Lelekov, T., Dominey, P.F., y Garcia-Larrea, L. (2000). Dissociable ERP profiles for processing rules vs instances in a cognitive sequencing task. *NeuroReport*, 11, 1-4.
112. Luck, S.J. (2005). An Introduction of the Event-Related Potential Technique. The MIT Press.
113. MacDonald, M.C., Maryellen, C., Pearlmutter, N.J., y Seidenberg, M.S. (1994). Lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological Review*, 101, 676-703.
114. MacDonald, M.C. y Christiansen, M.H. (2002). Reassessing working memory: Comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996). *Psychological Review* 109, 35-54.
115. Mackie, D.M., y Worth, L.T. (1989). Cognitive deficits and the mediation of positive affect in persuasion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 27-40.

116. Marslen-Wilson, W.D. y Tyler, L.K. (1987). Against modularity. En J. L. Gareld (Ed.), *Modularity in knowledge representation and natural-language understanding*. Cambridge, MA: MIT Press.
117. Martín-Loeches, M., Sel, A., Casado, P., Jiménez, L., y Castellanos, L. (2009). Encouraging expressions affect the brain and alter visual attention. *PLoS ONE*, 4, 6.
118. Martín-Loeches, M., Schacht, A., Casado, P., Hohlfeld, A., Rahman, R. A. y Sommer, W. (2008). Rules and heuristics during sentence comprehension: evidence from a dual-task brain potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1365-1379.
119. Martín-Loeches, M., Casado, P. y Sel, A. (2008). La evolución del cerebro en el género *Homo*: la neurobiología que nos hace diferentes. *Revisión en Neurociencia*, 46, 731-741.
120. Martín-Loeches, M., Casado, P., Gonzalo, R., de Heras, L., Fernández Frías, C. (2006) Brain potentials to mathematical syntax problems. *Psychophysiology*, 43, 579-591.
121. Martín-Loeches, M., Muñoz, F., Casado, P., Melcón, A., Fernández Frías, C. (2005). Are the anterior negativities to grammatical violations indexing working memory? *Psychophysiology*, 42, 508-519.
122. Martín-Loeches, M. (2001). ¿Qué es la actividad cerebral? Técnicas para su estudio. Madrid: Biblioteca Nueva.
123. Matzke, M., Mai, H., Nager, W., Russeler, J. y Munte T. (2002). The costs of freedom: an ERP – study of non-canonical sentences. *Clinical Neurophysiology*, 113, 844-852
124. Menon, V. y Levitin, D.J., (2005). The rewards of music listening: response and – physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*, 28, 175-184.

125. Meyer, L. (1956) *Emotion and Meaning in music*. Chicago: University of Chicago Press.
126. Mitchell, R.L.C. y Phillips, L.H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia*, 45, 617-629.
127. Moreno, E.M. y Vázquez, C. (2011). Will the glass be half full or half empty? Brain potentials and emotional expectations. *Biological Psychology*, 88, 131-140.
128. Munte, T.F., Heinze, H.J., Matzke, M., Wieringa, B.M., y Johannes, S. (1998). Brain potentials and syntactic violations revisited: no evidence for specificity of the syntactic positive shift. *Neuropsychologia*, 36, 217-226.
129. Neville, H.J., Nicol, J.L., Barss, A., Forster, K.L, y Garrett, M.F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event- related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 151-165.
130. Niedermeyer, E. y Lopes da Silva, F. (2004) *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams, 5<sup>th</sup> Edition.
131. Nummenmaa, L., y Niemi, P. (2004). Inducing affective states with success-failure manipulations: A meta-analysis. *Emotion*, 4, 207-214
132. Oaksford, M., Morris, F., Grainger, B., y Williams, M.J. (1996). Mood, reasoning, and central executive processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 476-492.
133. Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
134. Osterhout, L. y Holcomb, P.J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31, 785-806.

135. Olofsson, J.K., Nordin, S., Sequeira, H., y Polisch J. (2008). Affective picture processing: An integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*, 77, 247-265.
136. Osterhout, L., y Holcomb, P.J. (1993). Event-related potentials and syntactic anomaly: Evidence of anomaly detection during the perception of continuous speech. *Language and Cognitive Processes*, 8, 413-438
137. Overy K., y Molnar-Szakacs I. (2009) Being together in time: musical experience and the mirror neuronsystem. *Music Perception*, 26, 489-504.
138. Pascual-Marqui, R.D. (1999). Review of methods for solving the EEG inverse problem. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 1, 75-86.
139. Patel, A.D. (2008). Music, Language, and the Brain. Oxford University Press, Oxford.
140. Parrott, W.G., y Sabini, J. (1990). Mood and memory under natural conditions: Evidence for mood incongruent recall. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 321-336.
141. Park, J. y Banaji, M.R. (2000). Mood and heuristics: The influence of happy and sad states on sensitivity and bias in stereotyping. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78, 1005–1023.
142. Phillips, L.H., Smith, L. y Gilhooly, K.J. (2002). Positive mood and executive function: Evidence from Stroop and fluency task. *Emotion*, 2, 21-22.
143. Poeppel, D. y Hickok, G. (2004). Towards a new functional anatomy of language. *Cognition*, 94,1-12.
144. Perez, I., Gagnon, L. y Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111-141.



145. Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9,148-158.
146. Sammler, D., Koelsch, S., Ball, T., Brandt, A., Elger, C. E., Friederici, A.D., y cols. (2009). Overlap of musical and linguistic syntax processing: intracranial ERP evidence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 494-498.
147. Rauscher, F.H., Shaw, G.L. y Ky, K. (1993) Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
148. Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., y Lutzenberger,W. (1982). Slow brain potentials and behavior. Baltimore: Urban-Schwarzenberg.
149. Rugg, M. D. (1985). The effects of semantic priming and word repetition on event-related potentials. *Psychophysiology*, 22, 642–647.
150. Rugg M.D. y Coles M.G.H. (1995). The ERP and cognitive psychology: conceptual issues. En: M.D. Rugg y M.G.H. Coles (Eds.) *Electrophysiology of mind* (pp.27-39). Oxford: Oxford University Press.
151. Rugg, M.D. (1999). Functional neuroimaging in cognitive neuroscience. En: C.M. Brown y P. Hagoort (Eds.) *The neurocognition of Language* (pp. 273-316). New York: Oxford University Press
152. Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., y Koelsch, S. (2007). Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44, 293-304.
153. Schaht, A., Martín-Loeches, M., Casado, P., Abdel Rahman, R., Sel, A. y Sommer, W. (2010). How Is Sentence Processing Affected by External Semantic and Syntactic Information? Evidence from Event-Related Potentials. *PLoS ONE*, 5, 3.

154. Schellenberg, E.G. y Hallam, S. (2005). Music listening and cognitive abilities in 10- and 11-years-olds: The Blur effect. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 202-209.
155. Scherg, M. y Berg, P. (1996). New concepts of brain source imaging and localization. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 46, 127-137 (Suppl.).
156. Schwarz, N. (1990). Feelings as information: Informational and motivational functions of affective states. En: R. M. Sorrentino, y E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of motivation and cognition: Foundations of social behaviour*, (vol. 2, pp. 527–561) New York: Guilford Press.
157. Schwarz, N. y Clore, G.L. (2007). Feelings and phenomenal experiences. En: E.T. Higgins y A. Kruglanski (Eds.), *Social psychology Handbook of basic principles* (2nd ed. pp. 385-407). New York: Guilford.
158. Sebastián, N., Cuetos, F., Martí, M. A. y Carreiras, M. (2000). LEXESP: Léxico informatizado del español. Ediciones de la Universidad de Barcelona, Spain.
159. Seibert, P. S., y Ellis, H. C. (1991). Irrelevant thoughts, emotional mood states, and cognitive task performance. *Memory and Cognition*, 19, 507–513.
160. Slevc, L.R., Rosenberg, J.C. y Patel, A.D. (2009). Making psycholinguistics musical: self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 374-381.
161. Steinbeis, N. y Koelsch, S. (2008a). Comparing the processing of music and language meaning using EEG and fMRI provides evidence for similar and distinct neural representations. *PloS ONE*, 3, 5.

162. Steinbeis, N. y Koelsch, S. (2008b). Comparing the processing of music and language meaning using EEG and fMRI provides evidence for similar and distinct neural representations. *Cerebral Cortex*, 18, 1169-1178.
163. Tabor, W. y Tanenhaus, M.K. (1999). Dynamical models of sentence processing. *Cognitive Science*, 23, 491-515.
164. Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., y Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 675-735.
165. Thornhill, D.E. y Van Petter, C. (admitido para publicación). Lexical versus conceptual specificity of two ERP components elicited by plausible but unpredictable sentence completions.
166. Trainor, L. (2008). The neural roots of music. *Nature*, 453, 598-599.
167. Trehub, S.E. (2003). The developmental origins of musicality. *Natural Neuroscience*, 6, 669-673.
168. Ullman, M.T. (2001). The Declarative/Procedural Model of Lexicon and Grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30, 37-69.
169. Ullman, M.T. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-270.
170. Ungerleider, L.G. y Haxby, J.V. (1994) 'What' and 'where' in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 157-165.
171. Vastfjall, D. (2002). Emotion induction through music: A review of the musical mood induction procedure. *Musicae Scientifcae*, 6, 171-203.
172. Van Gompel, R.P.G. y Pickering, M.J. (2001). Lexical guidance in sentence processing: A note on Adams, Clifton, and Mitchell (1998). *Psychonomic Bulletin y Review*, 8, 851-857.

173. Van Petten, C. y Luka, B.J. (2011). Prediction during language comprensión: Benefits, costs, and ERP components. *International Journal of Psychophysiology*, in press.
174. Vissers, C.T., Chwilla, D.J., y Kolk, H.H.J. (2007). The interplay of heuristics and parsing routines in sentence comprehension: Evidence from ERPs and reaction times. *Biological Psychology*, 75, 8–18.
175. Vissers, C.T., Virfillito, D., Fitzgerald, D.A., Speckens, A.E.M., Tendolkar, I., van Oostrom, I., y cols. (2010). The influence of mood on the processing of syntactic anomalies: Evidence from P600. *Neuropsychologia*, 48, 3521-3531.
176. Vos, S.H., Gunter, T.C., Kolk, H.H., y Mulder, G. (2001). Working memory constraints on syntactic processing: an electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 38, 41-63.
177. Waters, G. y Caplan, D. (2005) The relationship between age, processing speed, working memory capacity, and language comprehension. *Memory*, 13, 403-413.

## ANEXO I: Oraciones correctas empleadas en el estudio I y II:

1. La fiesta divertida empieza.
2. La mayoría relativa manda.
3. Las enfermedades contagiosas preocupan.
4. El metro agobiante llega.
5. El mar encrespado resuena.
6. La nieve blanca cuaja.
7. Los gansos patosos graznan.
8. El camarero trabajador sirve
9. El líquido acuoso corroe.
10. Los asesinos crueles matan.
11. La vida bella comienza.
12. La mesa redonda chirría.
13. La gente amable emigra.
14. Los monjes silenciosos ruegan.
15. La colonia olorosa perdura.
16. El general mandón ordena.
17. El grito agudo expira.
18. El hielo frío desaparece.
19. El trabajo duro compensa.
20. El agua transparente mana.
21. Las ideas claras persisten.
22. Las velas encendidas flamean.
23. Los abuelos cariñosos pasean
24. El invierno triste acaba.
25. El abogado serio media.
26. El queso rico gusta.
27. El gobierno mentiroso legisla.
28. El capitán autoritario navega.
29. El sillón cómodo abulta.
30. Los árboles verdes tiemblan.
31. Los ladrones malos huyen.
32. El corredor veloz gana.
33. El suelo firme cede.
34. Las manzanas rojas maduran.
35. El arroz cocido hierve.
36. La violencia innecesaria disminuye.
37. Los lugares amplios reconfortan.
38. El paciente enfermo ingresa.
39. El topo ciego cava.
40. Los pájaros cantarines vuelan.
41. Los payasos graciosos ríen.
42. El mecánico sucio repara.
43. El volcán abrasador erupciona.
44. La cuerda tensa vale.
45. El platino valioso escasea.
46. Las vacas gordas mugen.
47. El arte abstracto provoca.
48. La pomada cremosa cura.

49. Los amigos verdaderos quedan.
50. El tiempo bueno anima.
51. El metal sólido funde.
52. Las naves espaciales despegan.
53. El fuego ardiente incendia.
54. El cirujano plástico opera.
55. Los soldados valientes vuelven.
56. El horno caliente gratina.
57. El barril lleno rebosa.
58. La ayuda solidaria aumenta.
59. El zapato viejo oprime.
60. Las ovejas tranquilas balan.
61. El bebé tierno balbucea.
62. La moto ruidosa molesta.
63. Los insectos voladores aletean.
64. Los ojos azules deslumbran.
65. El guarda vigilante controla.
66. El militar guerrero maniobra.
67. Las verduras sanos cuecen.
68. La madera marrón cruje.
69. Las ciencias exactas progresan.
70. El detective privado espía.
71. El sentimiento profundo emociona.
72. Las flores tropicales abundan.
73. El motor potente zumba.
74. Las botellas vacías tintinean.
75. La pianista musical afina.
76. El faro luminoso alumbra.
77. La tela suave cubre.
78. La ingeniería genética funciona.
79. El torneo competitivo agrada.
80. Las canciones alegres arrasan.
81. La silla pequeña mancha.
82. La chica guapa liga.
83. Los mendigos pobres almuerzan.
84. Las películas entretenidas divierten.
85. La esposa fiel cocina.
86. Los perros ladrones vigilan.
87. El coche rápido vuelca.
88. El varón imponente entra.
89. La rata asquerosa roe.
90. Las víctimas inocentes agonizan.
91. El alcalde incompetente habla.
92. La abeja picadora revolotea.
93. El ritmo lento atrae.
94. El budista calvo medita.
95. Las nubes esponjosas aparecen.
96. La situación incómoda cambia.
97. La lámpara iluminada luce.
98. Los estudiantes vagos duermen.

99. La sangre roja circula.
100. El defensor eficiente objeta.
101. Las historias interminables ocurren.
102. Las vecinas cotillas chismean.
103. La noticia interesante importa.
104. Los ordenadores inteligentes fallan.
105. El reloj puntual marcha.
106. La secretaria eficaz teclea.
107. Las guerras horribles desaniman.
108. La música relajante calma.
109. Las estrellas brillantes relucen.
110. El viento fuerte amaina.
111. El testigo ocular miente.
112. El cemento gris fragua.
113. El autobús escolar viene.
114. Las señoras mayores intrigan.
115. Los cisnes elegantes nadan.
116. Los padres responsables riñen.
117. Las mujeres feministas bailan.
118. El teléfono móvil suena.
119. La maleta naranja aparece.
120. El bombero ágil corre
121. Las explicaciones razonadas sobran.
122. El jersey abrigado pica.
123. Las declaraciones sinceras concuerdan.
124. La puerta abierta rechina.
125. El orden lógico prima.
126. Los ovnis extraños existen.
127. Las opiniones diversas enriquecen.
128. El cava espumoso burbujea.
129. Los enemigos agresivos luchan.
130. La medicina curativa socorre.
131. Las matas plantadas arraigan.
132. Las heridas dolorosas sangran.
133. Las cabras hambrientas pastan.
134. La voz ronca llama.
135. La charla aburrida fastidia.
136. Los sueldos bajos suben.
137. Las banderas coloridas ondean.
138. La economía sumergida baja.
139. La arena fina quema.
140. El tren largo sale.
141. Los caballos bonitos galopan.
142. Los turistas curiosos caminan.
143. El momento oportuno surge.
144. La oradora pesada expone.
145. El gas peligroso contamina.
146. La casa acogedora cobija.
147. Los años pasados enseñan.
148. El vencedor intrépido presume.

149. El espectáculo espléndido continúa.
150. El desarrollo tecnológico avanza.
151. Las campanas sonoras repican.
152. Las reglas estrictas constan.
153. La luz amarilla parpadea.
154. La falda corta aprieta.
155. Las tropas aliadas retroceden.
156. El tratamiento adecuado ayuda.
157. La epidemia devastadora crece.
158. La verdad oculta duele.
159. La pared rugosa oscila.
160. La huelga reivindicativa finaliza.
161. La cultura necesaria triunfa.
162. El gato negro maúlla.
163. Los terrenos áridos acotan.
164. El café amargo activa.
165. El arroyo turbio emerge.
166. Las plantas moradas florecen.
167. La tele estropeada emite.
168. La salsa aguada aliña
169. Las frases copiadas sugieren.
170. El mármol pringoso resbala.
171. El tronco hueco resguarda.
172. La crema pastosa pringa.
173. El puente pedregoso permanece.
174. El avión robado planea
175. La bici oxidada anda.
176. La sartén abollada fríe.
177. El perfume concentrado destaca
178. El camión amarillo frena.
179. El día nublado amanece.
180. El marco cuadrado exhibe.
181. La lente cóncava refleja.
182. El botón cosido cierra.
183. Los arbustos leñosos enraízan.
184. El cemento sólido fragua.
185. El aire helado sopla.
186. El cristal tintado esconde.
187. El yogur lácteo fermenta.
188. Los colegios públicos educan.
189. La novela firmada distrae
190. El transporte aéreo factura.
191. El plátano licuado llena
192. El mueble lijado decora.
193. El cuero teñido destiñe.
194. La sopa cocida bulle.
195. La cabellera rizada cae
196. El huevo hilado acompaña.
197. El bollo caducado alimenta.
198. El pijama térmico calienta.



199. El pan tostado huele
200. El pañuelo bordado recubre.
201. El texto dictado informa
202. El jinete apuesto cabalga.
203. El sastre mañoso cose.
204. El fiscal honrado defiende.
205. El jefe experto delega.
206. La maestra sabia explica.
207. El alcalde astuto habla.
208. El pariente chistoso imita.
209. Los jóvenes contentos pasean.
210. El bebé dormido respira.
211. La prima risueña salta.
212. El fan obseso acierta.
213. El técnico cabreado consulta.
214. La azafata tonta atiende.
215. El topo ciego cava.
216. La madre enferma cría.
217. El teniente cretino grita
218. El presidente grosero dimite.
219. El cónyuge celoso escolta.
220. El chiquillo mocosito juguetea.
221. La dama dolida llora.
222. El activista culpado testifica.
223. El anciano tacaño tose.
224. El conductor ebrio conduce
225. La condesa traidora bebe.
226. El agente corrupto jura.
227. El filósofo huraño piensa.
228. El obrero cansado reposa.
229. El obispo devoto sermonea.
230. La nena delgada brinca.
231. El profesor nativo traduce.
232. El deportista zurdo chuta.
233. El alumno listo aprende.
234. Las doncellas lozanas danzan.
235. El rey lúcido abdica.
236. El frutero sincero vende
237. El piloto ávido aterrizo
238. La corista loca canta
239. La hermana curiosa mira
240. La cuñada nerviosa acude

**ANEXO II:** Oraciones en su versión sintácticamente incorrecta empleadas en el estudio I:

1. La fiesta divertidas empieza.
2. La mayoría relativas manda.
3. Las enfermedades contagiosa preocupan.
4. El metro agobiantes llega.
5. El mar encrespados resuena.
6. La nieve blancas cuaja.
7. Los gansos patoso graznan.
8. El camarero trabajadores sirve
9. El líquido acuosos corroe.
10. Los asesinos cruel matan.
11. La vida bellas comienza.
12. La mesa redondas chirría.
13. La gente amables emigra.
14. Los monjes silencioso ruegan.
15. La colonia olorosas perdura.
16. El general mandones ordena.
17. El grito agudos expira.
18. El hielo fríos desaparece.
19. El trabajo duros compensa.
20. El agua transparentes mana.
21. Las ideas clara persisten.
22. Las velas encendida flamean.
23. Los abuelos cariñoso pasean
24. El invierno tristes acaba.
25. El abogado serios media.
26. El queso ricos gusta.
27. El gobierno mentirosos legisla.
28. El capitán autoritarios navega.
29. El sillón cómodos abulta.
30. Los árboles verde tiemblan.
31. Los ladrones malo huyen.
32. El corredor veloces gana.
33. El suelo firmes cede.
34. Las manzanas roja maduran.
35. El arroz cocidos hierve.
36. La violencia innecesarias disminuye.
37. Los lugares amplio reconfortan.
38. El paciente enfermos ingresa.
39. El topo ciegos cava.
40. Los pájaros cantarín vuelan.
41. Los payasos gracioso ríen.
42. El mecánico sucios repara.
43. El volcán abrasadores erupciona.
44. La cuerda tensas vale.
45. El platino valiosos escasea.
46. Las vacas gorda mugen.
47. El arte abstractos provoca.

48. La pomada cremosas cura.
49. Los amigos verdadero quedan.
50. El tiempo buenos anima.
51. El metal sólidos funde.
52. Las naves espacial despegan.
53. El fuego ardientes incendia.
54. El cirujano plásticos opera.
55. Los soldados valiente vuelven.
56. El horno calientes gratina.
57. El barril llenos rebosa.
58. La ayuda solidarias aumenta.
59. El zapato viejos oprime.
60. Las ovejas tranquila balan.
61. El bebé tiernos balbucea.
62. La moto ruidosas molesta.
63. Los insectos volador aletean.
64. Los ojos azul deslumbran.
65. El guarda vigilantes controla.
66. El militar guerreros maniobra.
67. Las verduras sana cuecen.
68. La madera marrones cruje.
69. Las ciencias exacta progresan.
70. El detective privados espía.
71. El sentimiento profundos emociona.
72. Las flores tropical abundan.
73. El motor potentes zumba.
74. Las botellas vacía tintinean.
75. La pianista musicales afina.
76. El faro luminosos alumbra.
77. La tela suaves cubre.
78. La ingeniería genéticas funciona.
79. El torneo competitivos agrada.
80. Las canciones alegre arrasan
81. La silla pequeñas mancha.
82. La chica guapas liga.
83. Los mendigos pobres almuerzan.
84. Las películas entretenida divierten.
85. La esposa fieles cocina.
86. Los perros ladrador vigilan.
87. El coche rápidos vuelca.
88. El varón imponentes entra.
89. La rata asquerosas roe.
90. Las víctimas inocente agonizan.
91. El alcalde incompetentes habla.
92. La abeja picadoras revolotea.
93. El ritmo lentos atrae.
94. El budista calvos medita.
95. Las nubes esponjosa aparecen.
96. La situación incómodas cambia.
97. La lámpara iluminadas luce.

98. Los estudiantes vago duermen.
99. La sangre rojas circula.
100. El defensor eficientes objeta.
101. Las historias interminable ocurren.
102. Las vecinas cotilla chismean.
103. La noticia interesantes importa.
104. Los ordenadores inteligente fallan.
105. El reloj puntuales marcha.
106. La secretaria eficaces teclea.
107. Las guerras horrible desaniman.
108. La música relajantes calma.
109. Las estrellas brillante relucen.
110. El viento fuertes amaina.
111. El testigo oculares miente.
112. El cemento grises fragua.
113. El autobús escolares viene.
114. Las señoras mayor intrigan.
115. Los cisnes elegante nadan.
116. Los padres responsable riñen.
117. Las mujeres feminista bailan.
118. El teléfono móviles suena.
119. La maleta naranjas aparece.
120. El bombero ágiles corre
121. Las explicaciones razonado sobran.
122. El jersey abrigada pica.
123. Las declaraciones sinceros concuerdan.
124. La puerta abierto rechina.
125. El orden lógica prima.
126. Los ovnis extrañas existen.
127. Las opiniones diversas enriquecen.
128. El cava espumosa burbujea.
129. Los enemigos agresivas luchan.
130. La medicina curativo socorre.
131. Las matas plantados arraigan.
132. Las heridas dolorosos sangran.
133. Las cabras hambrientos pastan.
134. La voz ronco llama.
135. La charla aburrido fastidia.
136. Los sueldos bajas suben.
137. Las banderas coloridos ondean.
138. La economía sumergido baja.
139. La arena fino quema.
140. El tren larga sale.
141. Los caballos bonitas galopan.
142. Las turistas curiosos caminan.
143. El momento oportuna surge.
144. La oradora pesadas expone.
145. El gas peligrosa contamina.
146. La casa acogedor cobija.
147. Los años pasadas enseñan.

148. El vencedor intrépida presume.
149. El espectáculo espléndida continúa.
150. El desarrollo tecnológica avanza.
151. Las campanas sonoros repican.
152. Las reglas estrictos constan.
153. La luz amarillos parpadea.
154. La falda corto aprieta.
155. Las tropas aliados retroceden.
156. El tratamiento adecuada ayuda.
157. La epidemia devastador crece.
158. La verdad oculto duele.
159. La pared rugoso oscila.
160. La huelga reivindicativo finaliza.
161. La cultura necesario triunfa.
162. El gato negra maúlla.
163. Los terrenos áridas acotan.
164. El café amarga activa.
165. El arroyo turbia emerge.
166. Las plantas morados florecen.
167. La tele estropeado emite.
168. La salsa aguado aliña
169. Las frases copiados sugieren.
170. El mármol pingosa resbala.
171. El tronco hueca resguarda.
172. La crema pastoso pringa.
173. El puente pedregosa permanece.
174. El avión robada planea
175. La bici oxidado anda.
176. La sartén abollado fríe.
177. El perfume concentrada destaca
178. El camión amarilla frena.
179. El día nublada amanece.
180. El marco cuadrada exhibe.
181. La lente cóncavo refleja.
182. El botón cosida cierra.
183. Los arbustos leñosas enraízan.
184. El cemento sólida fragua.
185. El aire helada sopla.
186. El cristal tintada esconde.
187. El yogur láctea fermenta.
188. Los colegios públicas educan.
189. La novela firmado distrae
190. El transporte aérea factura.
191. El plátano licuada llena
192. El mueble lijada decora.
193. El cuero teñida destiñe.
194. La sopa salado bulle.
195. La cabellera rizado cae
196. El huevo hilada acompaña.
197. El bollo caducada alimenta.

198. El pijama térmica calienta.
199. El pan tostada huele
200. El pañuelo bordada recubre.
201. El texto dictada informa
202. El jinete apuesta cabalga.
203. El sastre mañosa cose.
204. El fiscal honrada defiende.
205. El jefe experta delega.
206. La maestra sabio explica.
207. El alcalde astuta habla.
208. El pariente chistosa imita.
209. Los jóvenes contentas pasean.
210. El bebé dormida respira.
211. La prima risueño salta.
212. El fan obsesa acierta.
213. El técnico cabreada consulta.
214. La azafata tonto atiende.
215. El topo ciega cava.
216. La madre dolorido cría.
217. El teniente cretina grita
218. El presidente grosera dimite.
219. El cónyuge celosa escolta.
220. El chiquillo mocosu juguetea.
221. La dama dolido llora.
222. El activista culpada testifica.
223. El anciano tacaña tose.
224. El conductor ebria conduce
225. La condesa traidor bebe.
226. El agente corrupta jura.
227. El filósofo huraña piensa.
228. El obrero cansada reposa.
229. El obispo devota sermonea.
230. La nena delgado brinca.
231. El profesor nativa traduce.
232. El deportista zurda chuta.
233. El alumno lista aprende.
234. Las doncellas lozanos danzan.
235. El rey lúcida abdica.
236. El frutero sincera vende
237. El piloto ávida aterriza
238. La corista loco canta
239. La hermana curioso mira
240. La cuñada nervioso acude

**ANEXO III:** Oraciones en su versión semánticamente incorrecta empleadas en el estudio II:

1. La fiesta casada empieza.
2. La mayoría absurda manda.
3. Las enfermedades borrachas preocupan.
4. El metro ambicioso llega.
5. El mar culpable resuena.
6. La nieve comunista cuaja.
7. Los gansos espirituales graznan.
8. El camarero arenoso sirve
9. El líquido áspero corroe.
10. Los asesinos barajados matan.
11. La vida batida comienza.
12. La mesa bebedora chirría.
13. La gente binaria emigra.
14. Los monjes blindados ruegan.
15. La colonia alta perdura.
16. El general brumoso ordena.
17. El grito seguro expira.
18. El hielo caliente desaparece.
19. El trabajo canoso compensa.
20. El agua frágil mana.
21. Las ideas carcomidas persisten.
22. Las velas celosas flamean.
23. Los abuelos cerrados pasean
24. El invierno libre acaba.
25. El abogado frondoso media.
26. El queso máximo gusta.
27. El gobierno circular legisla.
28. El capitán económico navega.
29. El sillón cerebral abulta.
30. Los árboles semanales tiemblan.
31. Los ladrones compactos huyen.
32. El corredor barato gana.
33. El suelo contento cede.
34. Las manzanas formales maduran.
35. El arroz social hierva.
36. La violencia virgen disminuye.
37. Los lugares crudos reconfortan.
38. El paciente cuadrado ingresa.
39. El topo deportivo cava.
40. Los pájaros curvos vuelan.
41. Los payasos densos rien.
42. El mecánico desierto repara.
43. El volcán desnudo erupciona.
44. La cuerda despierta vale.
45. El platino pasivo escasea.
46. Las vacas diarias mugen.
47. El arte digestivo provoca.

48. La pomada digital cura.
49. Los amigos diseñados quedan.
50. El tiempo dócil anima.
51. El metal vivo funde.
52. Las naves dulces despegan.
53. El fuego oscuro incendia.
54. El cirujano elástico opera.
55. Los soldados eléctricos vuelven.
56. El horno masculino gratina.
57. El barril enamorado rebosa.
58. La ayuda enrojecida aumenta.
59. El zapato histórico oprime.
60. Las ovejas épicas balan.
61. El bebé escritor balbucea.
62. La moto femenina molesta.
63. Los insectos técnicos aletean.
64. Los ojos éticos deslumbran.
65. El guarda excesivo controla.
66. El militar extenso maniobra.
67. Las verduras extremas cuecen.
68. La madera grave cruje.
69. Las ciencias flacas progresan.
70. El detective florido espía.
71. El sentimiento peludo emociona.
72. Las flores fortuitas abundan.
73. El motor franco zumba.
74. Las botellas furiosas tintinean.
75. La pianista gaseosa afina.
76. El faro feliz alumbra.
77. La tela genial cubre.
78. La ingeniería golosa funciona.
79. El torneo nervioso agrada.
80. Las canciones grumosas arrasan.
81. La silla humana mancha.
82. La chica indirecta liga.
83. Los mendigos infinitos almuerzan.
84. Las películas corpulentas divierten.
85. La esposa absoluta cocina.
86. Los perros irónicos vigilan.
87. El coche justo vuelca.
88. El varón caro entra.
89. La rata eterna roe.
90. Las víctimas leñosas agonizan.
91. El alcalde llovido habla.
92. La abeja moderna revolotea.
93. El ritmo ancho atrae.
94. El budista magnético medita.
95. Las nubes maternas aparecen.
96. La situación viuda cambia.
97. La lámpara crítica luce.



98. La charla podrida fastidia.
99. Las explicaciones metálicas sobran.
100. Los estudiantes mezclados duermen.
101. Los sueldos poéticos suben.
102. La sangre clásica circula.
103. Las banderas posesas ondean.
104. El jersey generoso pica.
105. La economía preocupada baja.
106. La arena vulgar quema.
107. El tren rabioso sale.
108. Los caballos ovalados galopan.
109. Las turistas reiteradas caminan.
110. El momento relleno surge.
111. El defensor montañoso objeta.
112. Las declaraciones morenas concuerdan.
113. La oradora repleta expone.
114. Las historias morosas ocurren.
115. La puerta pura rechina.
116. El gas risueño contamina.
117. Las guerras correctas desaniman.
118. El orden impulsivo prima.
119. La casa rubia cobija.
120. La música rugosa calma.
121. Los años interiores enseñan.
122. El vencedor sabroso presume.
123. Las estrellas saladas relucen.
124. El espectáculo muerto continúa.
125. El viento secreto amaina.
126. El desarrollo delgado avanza.
127. El testigo sedoso miente.
128. Las campanas seguidas repican.
129. El cemento sensato fragua.
130. Las reglas serenas constan.
131. La luz silenciosa parpadea.
132. Los ovnis nobles existen.
133. La falda literaria aprieta.
134. Las opiniones obesas enriquecen.
135. El autobús joven viene.
136. Las señoras tapizadas intrigan.
137. El cava obligado burbujea.
138. Los cisnes científicos nadan.
139. Los enemigos opacos luchan.
140. Las tropas teóricas retroceden.
141. Las vecinas ópticas chismean.
142. El tratamiento terco ayuda.
143. La noticia orgánica importa.
144. La epidemia tibia crece.
145. La verdad falsa duele.
146. La pared independiente oscila.
147. La medicina soltera socorre.

148. Los ordenadores adultos fallan.
149. El reloj fresco marcha.
150. La huelga turbia finaliza.
151. Los padres vastos riñen.
152. Las mujeres vegetales bailan.
153. La cultura vergonzosa triunfa.
154. El gato breve maúlla.
155. El teléfono violento suena.
156. Las matas concretas arraigan.
157. Las heridas piadosas sangran.
158. Los terrenos apuestos acotan.
159. El café mañoso activa.
160. La secretaria plateada teclea.
161. La maleta honrada aparece.
162. El arroyo experto emerge.
163. Las cabras platónicas pastan.
164. Las plantas sabias florecen.
165. La tele astuta emite.
166. La salsa chistosa aliña
167. Las frases contentas sugieren.
168. El mármol dormido resbala.
169. El tronco risueño resguarda.
170. La crema obsesa pringa.
171. El puente cabreado permanece.
172. El avión tonto planea
173. La bici ciega anda.
174. La sartén enferma fríe.
175. El perfume cretino destaca
176. El camión grosero frena.
177. El día celoso amanece.
178. El marco mocososo exhibe.
179. La lente dolida refleja.
180. El botón culpado cierra.
181. Los arbustos tacaño enraízan.
182. El cemento ebrio fragua.
183. El aire traidor sopla.
184. El cristal corrupto esconde.
185. El yogur huraño fermenta.
186. Los colegios cansados educan.
187. La novela devota distrae
188. El transporte delgado factura.
189. El plátano nativo llena
190. El mueble zurdo decora.
191. El cuero listo destiñe.
192. La sopa lozana bulle.
193. La cabellera lúcida cae
194. El huevo sincero acompaña.
195. El bollo ágil alimenta.
196. El pijama ávido calienta.
197. El pan loco huele

198. El pañuelo curioso recubre.
199. El texto nervioso informa
200. El jinete áridos cabalga.
201. El sastre amargo cose.
202. El fiscal naranja defiende.
203. El jefe turbio delega.
204. La maestra morada explica.
205. El alcalde estropeado habla.
206. El pariente aguado imita.
207. Los jóvenes copiadas pasean.
208. El bebé pringoso respira.
209. La prima hueca salta.
210. El fan pastoso acierta.
211. El técnico pedregoso consulta.
212. La azafata robada atiende.
213. El topo oxidado cava.
214. La madre abollada cría.
215. El teniente ampliado grita
216. El presidente amarillo dimite.
217. El cónyuge nublado escolta.
218. El chiquillo cuadrado juguetea.
219. La dama cóncava llora.
220. El activista cosido testifica.
221. El anciano leñoso tose.
222. El conductor sólido conduce
223. La condesa helada bebe.
224. El agente tintado jura.
225. El filósofo lácteo piensa.
226. El obrero público reposa.
227. El obispo firmado sermonea.
228. La nena aérea brinca.
229. El profesor licuado traduce.
230. El deportista lijado chuta.
231. El alumno teñido aprende.
232. Las doncellas cocidas danzan.
233. El rey rizado abdica.
234. El frutero hilado vende
235. El bombero caducado corre
236. La voz estrecha llama.
237. El piloto térmico aterriza
238. La corista tostada canta
239. La hermana bordada mira
240. La cuñada dictada acude

## **ANEXO IV:** Oraciones de relleno empleadas en los estudios I y II:

### Oraciones de relleno correctas de tres palabras

1. El corazón late.
2. La doncella trabaja.
3. El marinero desembarca.
4. El martillo remacha.
5. El sendero acorta.
6. La navidad alegra.
7. Las pastillas calman.
8. El maestro explica.
9. El humo empaña.
10. El tinte tiñe.
11. La fama sorprende.
12. La línea divide.
13. Los paros graznan.
14. El arquitecto edifica.
15. El científico inventa.
16. El deportista compite.
17. El equipo pierde.
18. El médico receta.
19. Las vacunas previenen.
20. El frío cauteriza.
21. El chocolate quema.
22. Las acciones rentan.
23. El anuncio convence.
24. La estantería aguanta.
25. El hospital cierra.
26. Los sindicatos protestan.
27. Los peatones cruzan.
28. El acusado testifica.
29. El presidente promete.
30. El confesor respeta.

### Oraciones de relleno incorrectas de tres palabras

1. Los huesos parpadean.
2. La maceta canta.
3. El oso torea.
4. La butaca deletrea.
5. El tren comercia.
6. La tienda combate.
7. El clima pellizca.
8. El camión escala.
9. Las hortalizas narran.
10. El charco reza.
11. El insecto comercia.
12. La maceta canta.

13. El oso torea.
14. La butaca deletrea.
15. El tren comercia.
16. La cocinera guisan.
17. El poeta recitan.
18. Los clérigos bendice.
19. La modista tejen.
20. Las agujas pinchaba.
21. La tijera cortan.
22. Los alumnos estudia.
23. El empleo aumentan.
24. Los egipcios embalsama.
25. El tenista participan.
26. El tenista participan.
27. La diseñadora dibujan.
28. El juzgado dictaminan.
29. La escritora publican.
30. El agricultor abonan.

#### Oraciones de relleno correctas de cinco palabras

1. El periódico semanal anuncia catástrofes.
2. El pantalón vaquero incorpora bolsillos.
3. La literatura actual combina temas.
4. La iglesia jesuita acoge pobres.
5. La maestra comprensiva admite sugerencias.
6. La radiografía realizada muestra facturas.
7. El grupo musical saca disco.
8. Las botas marrones hacen rozaduras.
9. El productor catalán rueda documentales.
10. La canción pegadiza tiene éxito.
11. La resonancia magnética verifica patologías.
12. La agencia alquilada planifica visitas.
13. La furgoneta aparcada transporta muebles.
14. El futbolista sevillano regaló camisetas.
15. La pareja afortunada recibió premios.
16. La apisonadora automática asfalta calles.
17. La puerta blindada ofrece seguridad.
18. El vendedor ambulante paga impuestos.
19. La niña ingresada presenta quemaduras.
20. Los peregrinos franceses recorren países.
21. La resonancia magnética verifica patologías.
22. La agencia alquilada planifica visitas.
23. La furgoneta aparcada transporta muebles.
24. El futbolista sevillano regaló camisetas.
25. La pareja afortunada recibió premios.
26. La apisonadora automática asfalta calles.
27. La puerta blindada ofrece seguridad.
28. El vendedor ambulante paga impuestos.
29. La niña ingresada presenta quemaduras.

30. Los peregrinos franceses recorren países.

Oraciones de relleno incorrectas de cinco palabras (15 sintácticamente incorrectas y 15 semánticamente incorrectas):

1. Las velas encendidas sienten dolor.
2. Las aguas termales alaban santos.
3. Las reservas indígenas señalan direcciones.
4. El torneo ecuestre paralizaba procesos.
5. El espectáculo musical fermenta leche.
6. El ruido excesivo imita gestos.
7. La dieta mediterránea conduce trenes
8. La higiene dental riega macetas.
9. La casa rural empuja carros.
10. Los ejércitos espartanos pedalean bicicletas.
11. El conductor novel encuaderna errores.
12. El piso restaurado juega impuestos.
13. El secador encendido lame luz.
14. La gimnasta asiática formatea trofeos.
15. Las revisiones anuales trituran riesgos.
16. El pez llamativo ingieren algas.
17. La emisora estropeada emiten señales.
18. El cielo nublado predicen tormenta.
19. Los centros comerciales promocionan cosméticos.
20. Las comedias románticas transmiten emociones.
21. La esquizofrenia paranoide acarrear alucinaciones.
22. El pirómano resentido incendian bosques.
23. Los vasos transparentes contiene zumos.
24. La libertad controlada evitan desastres.
25. Los cuentos infantiles crean fantasías.
26. Los jugadores vengativos simula faltas.
27. El viento peligroso destrozan toldos.
28. El mago caprichoso llevan gorro.
29. El pirata perseguido esconden oro.
30. El turista foráneo buscan monumentos.

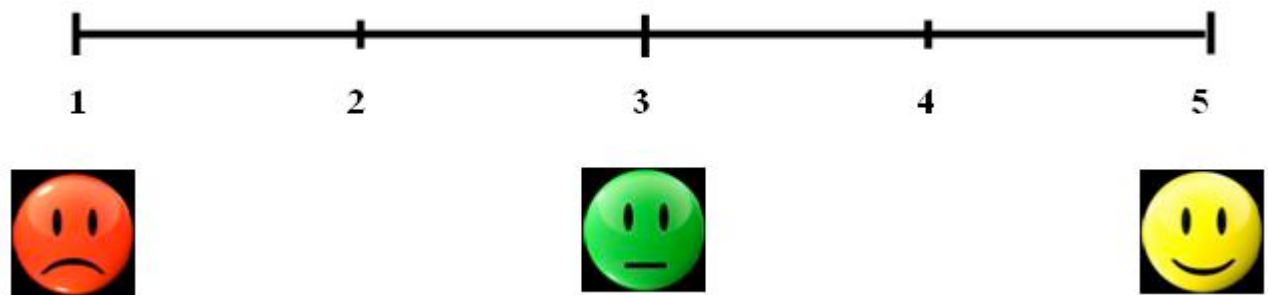
**ANEXO V:** Listado de canciones empleadas como material musical en los estudios I y II:

1. The Pink Panther Theme. BSO The Pink Panter.
2. La Vita E Bella. BSO La Vita E Bella.
3. Superman Main Theme. BSO Superman.
4. Soul Bossa Nova. BSO Austin Powers.
5. Gai's Theme. BSO Naturo.
6. Celtic Cry. BSO Brave Heart.
7. Go Go Naturo. BSO Naturo.
8. The Bridge on the River Kwai Theme. BSO The Bridge on the River Kwai.
9. Cenizas en el Paraiso. BSO Cenizas en el Paraiso.
10. Esmeralda Suite. BSO Kill Bill.
11. The Entertainer. BSO El golpe.
12. Gonna Fly Now. BSO Rocky.
13. The Benny Hill Theme. BSO Benny Hill Movie.
14. Calypso Breakdown. BSO Saturday Night Fever.
15. The New World. BSO The New World.
16. Here's Looking at You, kid. BSO Naturo.
17. Afternoon of Konoha. BSO Naturo.
18. I Love Paris. BSO Can Can.
19. Confroment. BSO Naturo.
20. A 500. BSO Miami Vice.
21. Coming Home From The Sea. BSO Perfect Storm.
22. Theme from Armaggeddon. BSO Armageddon.
23. Apertura. BSO Diarios de una motocicleta.
24. Sasuke's Theme. BSO Naturo.
25. Overture. BSO The Phantom of the Opera.
26. Schiarazula Marazula. BSO Elisa vida mia.
27. Belle Qui Tiens Ma Vie. BSO Henri 4.
28. Tourdion. BSO The Merchant of Venice.
29. La Muerte de la Poderosa. BSO Diarios de una motocicleta.
30. The piano Theme. BSO The piano.
31. Requiem for a Dream Theme. BSO Requiem for a Dream.
32. Tennessee. BSO Pearl Harbor.
33. Alone. BSO Naturo.
34. A Silhouete of Doom. BSO Kill Bill.
35. Monray's Dream. BSO Brave Heart.
36. Sadness and Sorrow. BSO Naturo.
37. The Grand Duel Parte Prima. BSO Kill Bill.
38. Leaving. BSO Armageddon.
39. Short Straw. BSO Armageddon.
40. Alone on the Farm. BSO Out of Africa.
41. For the Love of a Princess. BSO Brave Heart.
42. Forrest Gump Main Theme. BSO Forrest Gump.

**ANEXO VI:** Escala de emocionalidad empleada para evaluar las piezas musicales durante la realización del estudio I y II.

## EVALUACIÓN MÚSICA

Código sujeto: \_\_\_\_\_



Basándote en la escala anterior, evalúa del 1 al 5 las canciones que acabas de oír en función del tipo de sensación que te haya causado, siendo 5 sensación positiva y 1 sensación negativa. Debes evaluar las canciones como un conjunto y no sólo centrarte en algunas de ellas.

1ª PARTE: \_\_\_\_\_

2ª PARTE: \_\_\_\_\_

3ª PARTE: \_\_\_\_\_

Si lo deseas, en las siguientes líneas puedes hacer algún comentario aclaratorio:

---

---

---

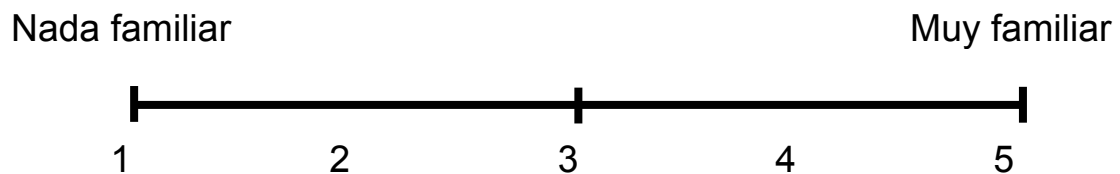
---



**ANEXO VI:** Escala de familiaridad empleada para evaluar las piezas musicales durante la realización del estudio I y II.

## EVALUACIÓN MÚSICA

Código sujeto: \_\_\_\_\_



Basándote en la escala anterior, evalúa del 1 al 5 las canciones que acabas de oír en función del grado de familiaridad que estas tengan para ti, siendo 5 muy familiar o conocidas por ti y 1 poco/nada familiar. Debes evaluar las canciones como un conjunto y no sólo centrarte en algunas de ellas.

1ª PARTE: \_\_\_\_\_

2ª PARTE: \_\_\_\_\_

3ª PARTE: \_\_\_\_\_

Si lo deseas, en las siguientes líneas puedes hacer algún comentario aclaratorio:

---

---

---

---

